

Angel Hidalgo Bahamontes

Construcción de Cimientos

ceac



Construcción de Cimientos

Angel Hidalgo Bahamontes

Técnico en Construcción

ediciones CEAC Perú, 164 - 08020 Barcelona - España

Introducción

Es indudable que no puede erigirse ningún edificio si no se construye previamente una buena cimentación. Es el elemento constructivo que ha de soportar el peso de todo el edificio y transmitirlo bien distribuido al terreno. Un cimiento mal construido, incapaz de cumplir tan importante misión, provocará la ruina y derrumbamiento de la obra. Es por lo tanto de primordial importancia para todo constructor saber cómo ha de proyectar y construir la cimentación adecuada a un edificio y a un terreno.

En una colección de monografías dedicadas a la construcción, no podía faltar una dedicada exclusivamente a los fundamentos de los edificios. Al redactar ésta, hemos procurado verter en ella la experiencia adquirida en una larga práctica como encargado general de obras. Hemos preferido destacar en esta monografía lo práctico sobre lo teórico, por creer que ha de ser más útil a quien la maneja. En este sentido hemos anotado fórmulas de cálculo empíricas pero que la práctica y experiencia han consagrado, y hemos descrito los procedimientos constructivos más utilizados en España, procurando destacar todos los detalles que pueden contribuir a evitar posibles fracasos.

A pesar de lo expuesto, hemos incluido en esta monografía, procedimientos de cimentación especiales, como los pilotajes, que en la práctica suelen ser

ejecutados por casas especializadas. Pero un conocimiento ligero de los mismos es conveniente a todo constructor, para comprender lo que ejecuta la casa especializada y poder confiar en la resistencia del cimiento resultante.

Nuestro deseo es que los lectores de esta monografía: constructores, encargados de obra, proyectistas, delineantes, albañiles y aprendices, encuentren la solución que necesiten para los problemas en que puedan tropezar en la práctica y los apliquen sin dificultad en cada caso particular. Con conseguir esta meta nos damos por satisfechos.

EL AUTOR

I. El terreno, su reconocimiento y preparación

EL TERRENO

Cimentación, propiamente dicha, es el material que media entre el terreno y los muros o entre terreno y estructura, según la naturaleza del edificio a construir. Prácticamente se puede cimentar en cualquier sitio, siempre que se observen los procedimientos que han señalado las investigaciones para cada clase de terreno. Lo ideal, por rápido y económico, sería cimentar sobre roca, pero como la mayoría de las veces esto no es posible, hay que adaptarse a las circunstancias del terreno, debiendo analizarse el comportamiento del mismo antes de comenzar una edificación.

El objeto de toda cimentación es transmitir al terreno todas las cargas y sobrecargas de un edificio. Está claro que si el terreno fuese lo suficientemente duro y firme, no harían falta cimientos, sino que en la misma rasante del terreno se podrían construir las paredes o estructuras. Pero como esto no sucede así generalmente, hay que buscar la manera de que estas cargas y sobrecargas asienten en una mayor superficie del terreno a fin de que a cada porción del suelo le correspondan menos kilos que soportar, consiguiéndose, por tanto, una menor fatiga del terreno.

Efectivamente: el terreno cede bajo la presión de una carga, obligando a sus moléculas a que modifiquen sus distancias y posiciones produciéndose entonces una deformación, la cual será menor cuanto mayor sea la cohesión y dureza del terreno.

Los terrenos pueden clasificarse en dos grandes grupos: los **compresibles** y los **incompresibles.** Es decir que la compresión es su principal característica y su resistencia vendrá determinada por el esfuerzo con que se oponga a la citada compresión.

Resolver científicamente un caso de cimentación es siempre difícil. Es cierto que el estudio de la Mecánica del suelo es de extraordinaria importancia, pues ella nos permitirá analizar los fenómenos para sus experiencias emplearlas en la práctica, con cierta aproximación que se considera como suficiente, pero siempre será de una forma dudosa, pues son muchos los coeficientes y mucha su variabilidad. Por esta razón no es necesario, a nuestro juicio, resolver un problema de cimentación recurriendo a la rigurosidad de la alta matemática.

Cuando un cimiento se apoya, o mejor dicho, tiene como base un terreno compacto formado por capas de reconocido espesor, resistencia y extensión, no hay peligro alguno para la estabilidad del edificio. Cuando el suelo no es compacto, o sea que está constituido por bancos de pequeña extensión, y pequeña potencia, mientras los estratos o capas tengan un espesor constante, entonces se podrá cimentar con alguna tranquilidad; pero si por el contrario el terreno es compresible y está formado por capas de espesor variable, entonces toda cimentación está expuesta a un verdadero peligro.

RECONOCIMIENTO Y ENSAYO DEL TERRENO

A veces, a la cimentación de un edificio no se le concede la importancia que merece. Una obra no sólo se compone de materiales y mano de obra, sino también de disgustos y la práctica diaria nos enseña que es posible ahorrarse una gran parte de ellos si realizamos con esmero la cimentación del edificio encomendado. Es necesario estar alerta y reconocer el terreno en profundidad, especialmente en aquellos puntos en que se concentran las mayores cargas, pues a menudo se presentan estratos de terrenos, firmes por su naturaleza, pero de escaso espesor que cubren bolsas huecas o de resistencia nula, cuyo desconocimiento nos puede conducir a lamentables fracasos.

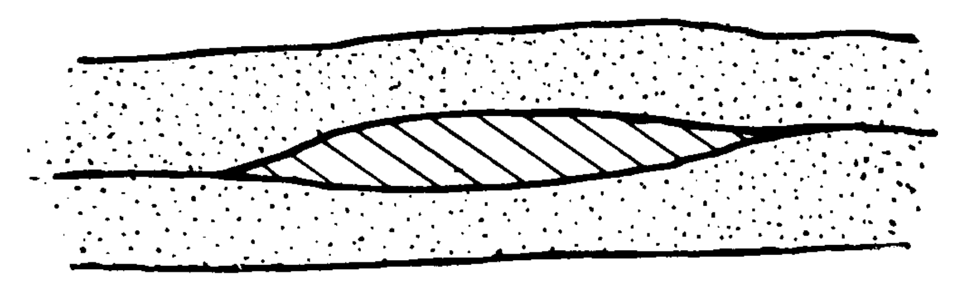


Figura 1

En efecto, si tenemos un terreno de firmeza aparente, pero que en su interior oculta bolsas como las de la figura 1, forzosamente tendrá que producirse la catástrofe, o cuando menos grietas y fisuras peligrosas que más tarde o más temprano darán al traste con la estabilidad de la construcción, sino se recurre a inyecciones y recalces, operaciones que generalmente podrán evitarse-si desde el principio se observan las precauciones necesarias.

Para prever esta posible circunstancia, conocemos un sistema que podemos asegurar nos ha dado en la práctica óptimos resultados.

El procedimiento se basa en una propiedad física que trataremos de explicar:

Si un cuerpo pesado cae en tierra con alguna violencia, la zona inmediata al choque percibirá una sacudida cuya onda será mayor cuanto menor sea la capacidad de resistencia del terreno a ensayar. Basándonos en este principio, un cubo lleno de agua y un pisón corriente nos ayudará a saber

con qué clases de terreno hemos de tratar, si el citado cubo lo depositamos en el suelo, una vez realizada la excavación o el vaciado, y a su alrededor apisonamos el terreno repetidas veces con golpes bruscos y secos.

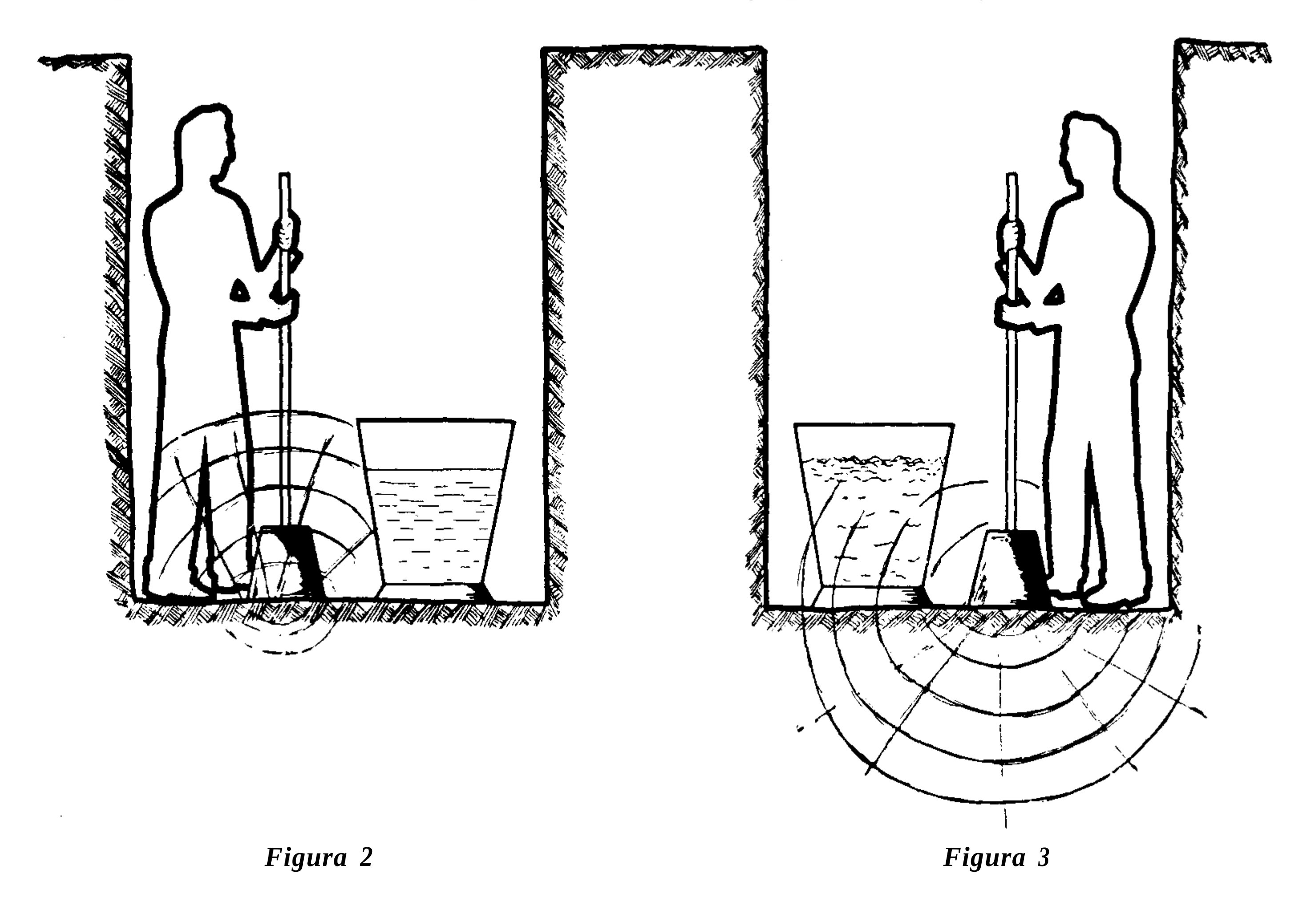


Figura 2

Figura 3

Si se tratara (fig. 2) de terreno compacto y duro, éste permanecería inalterable y, por lo tanto, el agua continuaría inmóvil; pero si por el contrario (fig. **3)** se trata de un terreno poco consistente y, más aún, si contuviera concavidades, la onda expansiva se transmitiría al cubo y el agua se pondría en movimiento, al igual que cuando arrojamos una piedra a un estanque.

De lo que se deduce que incluso cuando se va a cimentar sobre roca es preciso identificar el terreno, desenmascarar10 para conseguir seguridad y firmeza en la construcción.

Reconocido el terreno, es muy conveniente saber su resistencia. Para lo cual presentamos otro procedimiento práctico y al alcance de cualquier operario de una obra. Consiste (fig. 4) en colocar sobre el terreno a examinar, un soporte de sección conocida (por ejemplo, un tablón B) y una carga determinada **A.** Este ensayo deberá aplicarse sobre el terreno recientemente excavado o vaciado y sin apisonar. Para conocer la resistencia aproximada del terreno a la compresión, dividiremos la carga **A,** expresada en Kg. por la sección B del tablón, expresada en cm'. Por ejemplo, si el canto del

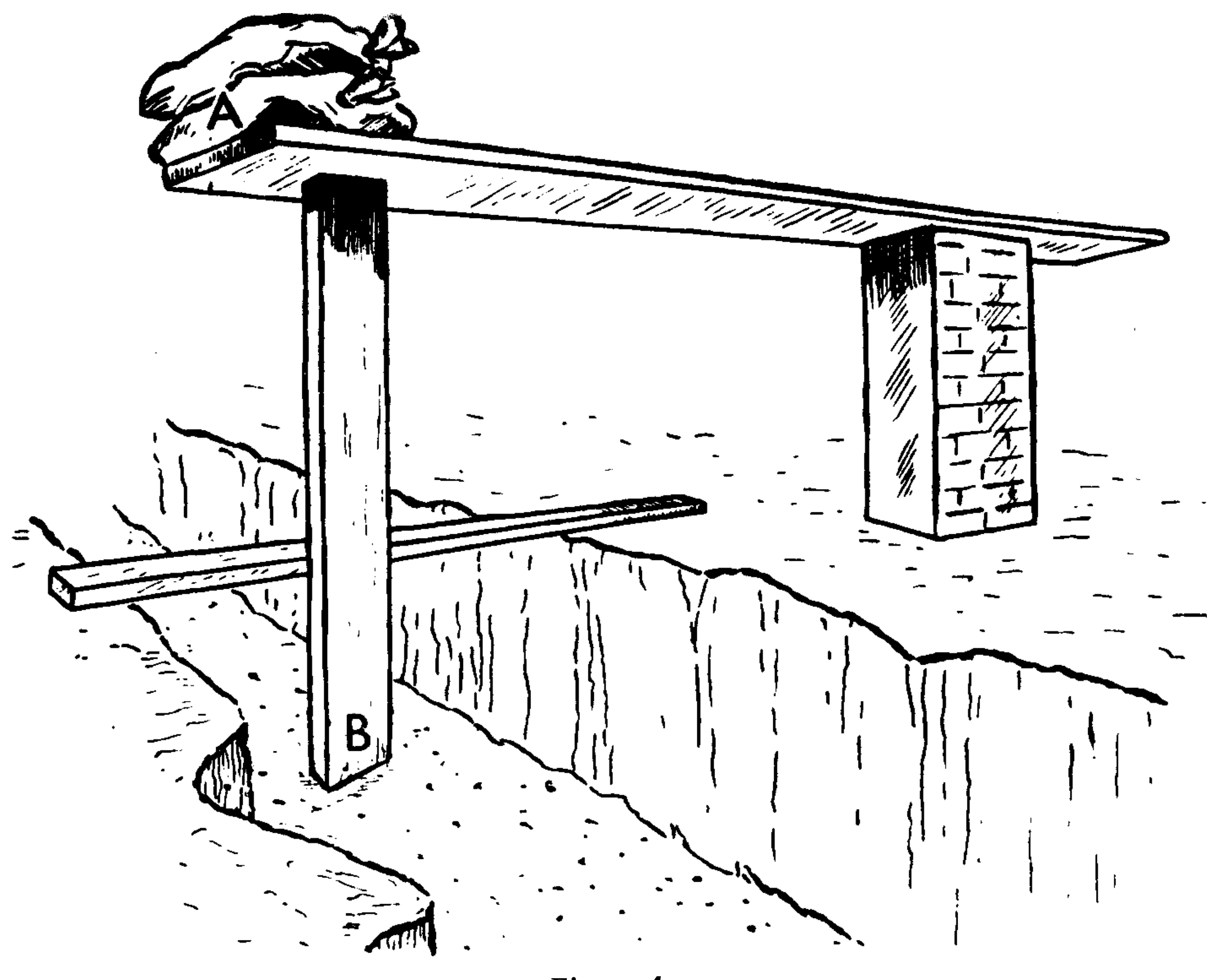


Figura 4

tablón es de 20 x 5 cm. = 100 cm^2 y la carga que se coloca es de 500 Kg, tendremos:

$$\frac{A}{B} = \frac{500}{100} = 5 \text{ Kg/cm2}$$

Esta carga no deberá dejar en el terreno más que una ligera huella, del orden de 1 a 2 mm., del primer asentamiento por cortadura en el suelo, producida por las aristas del tablón, para que pueda considerarse admisible. La forma práctica de realizar este ensayo es cargar el tablón primero con una cierta carga, por ejemplo 200 Kg, dejarlo cargado 24 horas, retirar la carga y comprobar si el tablón se ha hundido en el suelo; volverlo a cargar con una carga mayor de 300, 400 Kg, e ir repitiendo la carga y descarga para ver el comportamiento del terreno. Todas estas operaciones deben hacerse con el mayor cuidado.

Los Kg por cm^2 que se obtengan en el ensayo deben dividirse por 1'5 ó 2 y tendremos la carga que puede soportar el terreno con un margen de seguridad equivalente al coeficiente por que hemos dividido. En el ejemplo indicado anteriormente, si suponemos que el terreno ha empezado a ceder

después de los **500** Kg de carga, o sea después de estar sometido a una carga de **5** Kg por cm 2, el coeficiente de trabajo obtenido sería:

$$\frac{5}{1'5} = 3'33 \text{ Kg/cm}^2; \quad \frac{5}{2} = 2'5 \text{ Kg/cm2}$$

o sea de **2'50** a **3'33** Kg/cm2.

Si una vez examinado un terreno podemos agruparlo en una categoría definida, nos será muy útil el uso de las tablas, ya que éstas nos ahorrarán tiempo y trabajo en la investigación de los kilos que por cm^2 soporta un terreno. Este estudio preliminar deberá ser lo más completo posible, pues una apreciación errónea sólo nos conduciría a resultados falsos, ya que puede darse el caso de que la porción de terreno examinada, tan sólo tenga una remota analogía con el terreno sobre el que se quiere edificar.

A continuación presentamos la tabla **1** correspondiente a las presiones máximas que, con seguridad, pueden soportar los diferentes terrenos que en la misma se mencionan.

RESISTENCIA DE TERRENOS **TABLA 1**

Denominación del terreno	Carga en Kg que soportan por cm'
Cieno	2
Tierra vegetalmediana (después de consolidada)	0
Tierra con areria, escombros, cascajo (después de consolidada)	2
Esquisto silíceo, calizo, etc., no susceptible de formar barro	**4**
Tierra arcillosa, que pueda formar barro, en seco (en estado de pasta no puede soportar carga alguna)	**4**
Arena semihúmeda o gravilla no diluible **e** incompresible consolidadas)	6
Marga	0
Arcilla saturada de agua	0
Arcilla seca	6
Fango húmedo	0
Tierra fuerte	**0**
Tierra vegetal	**1**
Tierra húmeda	0
Gravilla, guijos	**4** a 6
Gravilla terrosa	2 a 5
Arenilla fina y seca	2 a 6
Arena húmeda	2 a 6
Macadam de pórfido o de granito	0
Macadam de piedra caliza	0

CALAS

Hemos dicho anteriormente que para cimentar convenientemente un edificio se hace necesario el estudio previo del terreno, de cuya composición y estructura nos darán la idea las calas y sondeos. Refiriéndonos a las primeras son excavaciones más o (menos profundas las que harán posible el conocimiento geológico del suelo y la profundidad en que se encuentra el terreno firme donde se pueda apoyar con seguridad la fundación del edificio proyectado. Estas **calas** y **colicatas** de ensayo pueden hacerse de forma que un obrero trabaje con comodidad bastando, si son de sección rectangular, las dimensiones, de 1 a 1'50 metros por 0'60 a 0'70 m y si son circulares de 1 a 1'50 m de diámetro.

Estas investigaciones, tratándose de edificios de alguna importancia, se harán preferentemente en los lugares más cargados, extremando su estudio en los puntos más débiles como son las esquinas de todo edificio.

Para la construcción se tendrá en cuenta, en las ciudades, lo que a tal respecto digan las Ordenanzas Municipales de cada población con referencia a muros, alineaciones, tira de cuerdas, etc., y en el campo lo que a tal punto haya legislado Obras Públicas, sin olvidar las zonas militares; proximidades de vías de ferrocarril, canales de navegación, zonas marítimo-terrestres y las costas bañadas por el mar y márgenes de los ríos, pues estudiando desde un principio el emplazamiento de nuestra obra nos ahorrará después muchísimas y enojosas contrariedades que son posibles de prever.

SONDEOS

Los sondeos son otro aspecto del reconocimiento del subsuelo, cuando por circunstancias del terreno hay que ir a ciertas profundidades. Operación también indispensable, pues al ser atravesadas las diferentes capas del terreno, esto nos permitirá la extracción de muestras y por ende un mayor conocimiento de su constitución geológica.

Para profundidades hasta de 5 metros y tratándose de terrenos de consistencia corriente, se usa la **sonda de mano** que es manejada por un solo obrero, como puede observarse en la figura 5.

El equipo de sondeo que presentamos (fig. 5) está formado por un aparato de rollizos. La barrena penetra en el terreno por simple rotación ejecutada a mano. Hoy en día hay otros métodos a motor y aunque sus Útiles no han variado sensiblemente, la operación se hace con más rapidez.

A continuación presentamos los barrenos más característicos con que se ejecutan los sondeos.

Barrena para tierra (fig. 6) llamada de **plato o hélice.** Se utiliza en terrenos vegetales o en los formados por arcillas, arenas compactas o graves, puede penetrar hasta una profundidad de 2 metros.

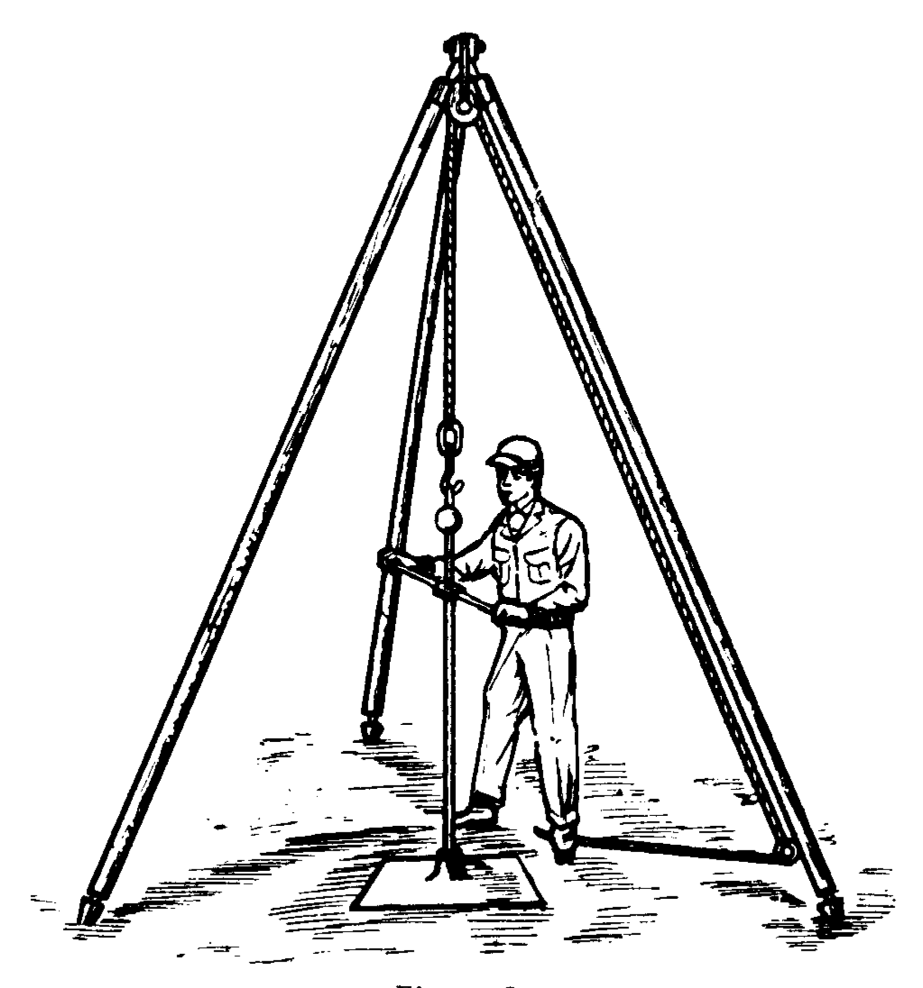


Figura 5

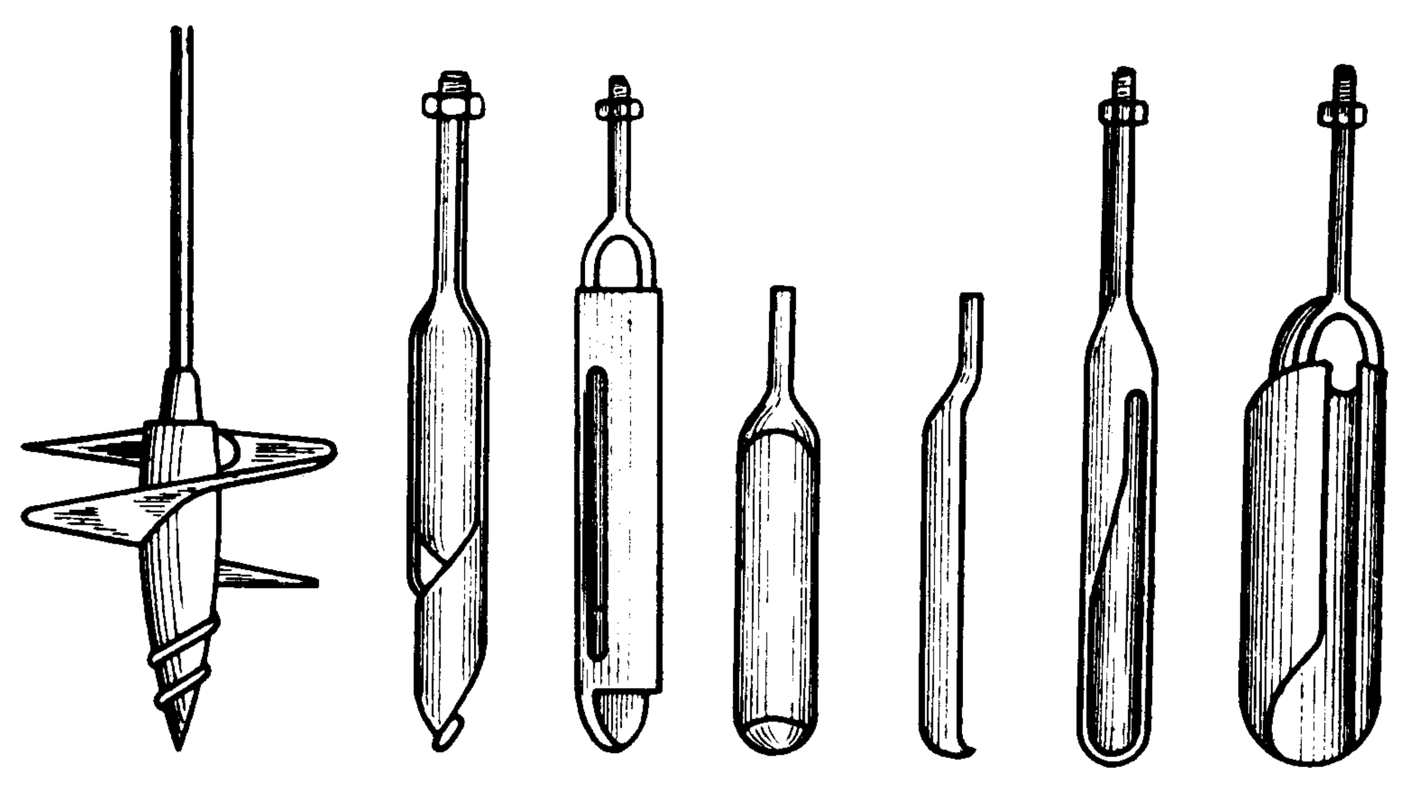


Figura 6 *Figura 7* *Figura 8* *Figura 9* *Figura 10* *Figura 11* *Figura 12*

Barrena de caracol (fig. 7) para terrenos coherentes e igual profundidad que la anterior.

Barrena cilíndrica (fig. 8) que se emplea para mayores profundidades.

Barrenas de cuchara (figs. 9, 10, 11 y 12) para terrenos compactos.

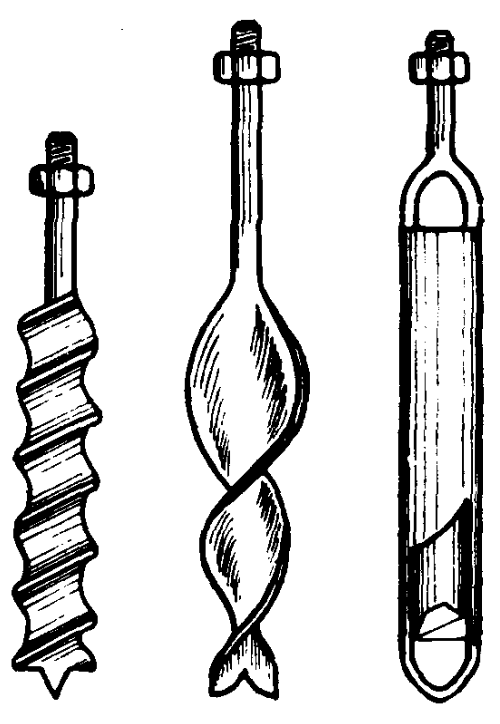


Figura 13 *Figura 14* *Figura 15*

Barrenas en espiral (figs. 13 y 14) para terrenos de igual naturaleza que los anteriores.

Barrena cilíndrica (fig. 15) de palastro especial para suelos de arena. En arena seca su trabajo es casi nulo por lo que se hará necesario verter agua sobre la superficie o sondar.

Todos los taladros serán ejecutados hasta dar con los terrenos incomprensible, recogiéndose muestras (como dijimos antes) de las diferentes capas por las que atraviesa la barrena. Las mismas se guardan en envases precintados y clasificados para su análisis en el laboratorio.

PREPARACION PREVIA DEL TERRENO: EXPLANACION, SANEAMIENTO Y DRENAJE

Se ha escogido ya un terreno donde se va a construir. Puede suceder que presente una planicie limpia y que sea sensiblemente horizontal o por el contrario, presente montículos más o menos elevados, árboles que es necesario talar e incluso restos de construcciones antiguas, que habrá que derrumbar completamente.

En un edificio urbano de la ciudad, una excavadora de cuchara resolvería magníficamente el problema, pero si se trata de grandes construcciones, el empleo de más maquinaria se hace necesario, ineludible, pues de otro modo la preparación del terreno se haría pesada, lenta y poco menos que interminable.

En la figura 16 presentamos una máquina provista de oruga a lo caterpillar, llamada topadora, la que por sí sola habla más elocuentemente que cualquier referencia escrita de la función e importancia que la citada máquina tiene en la preparación previa de los terrenos en campo abierto.

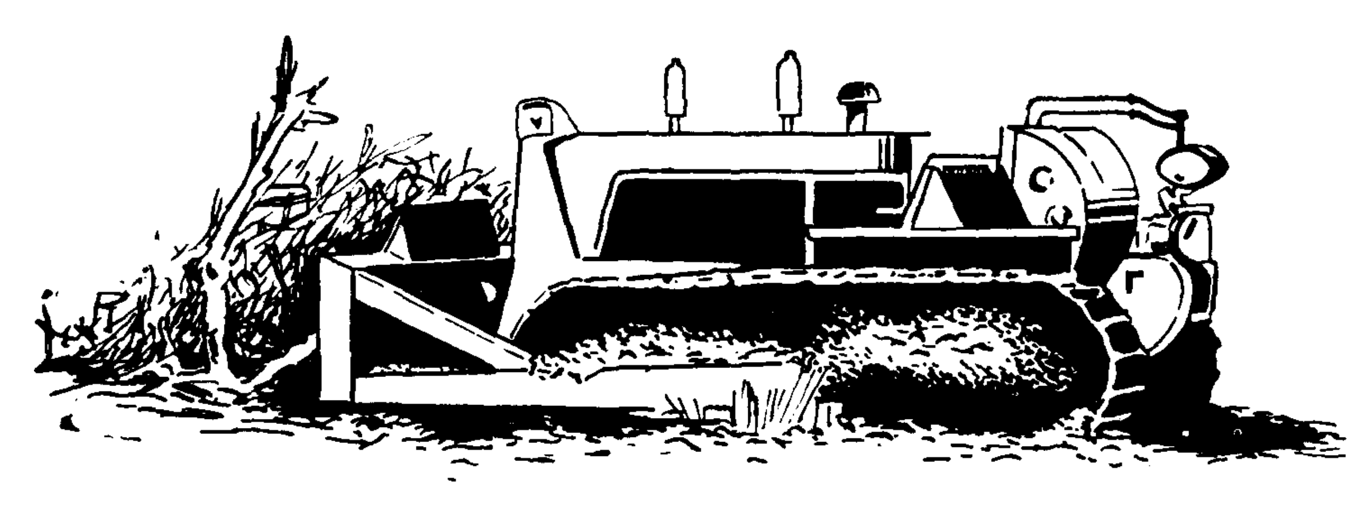


Figura 16

La explanación es la primera operación que se ejecuta en movimientos de tierras y, como toda fase en construcción de edificios, está sujeta a normas constructivas que de seguirlas fielmente o hacer caso omiso de la experiencia, contribuyen, en alto grado a encarecer el coste de los edificios.

Desmonte y terraplenado equivalen a explanación, tanto si es necesario arrancar las tierras del suelo para conseguir nivelarlo, como la de procurarse tierras para lograr un plano elevado sobre la rasante del terreno, terraplenando con tierras de préstamo.

Según el cuadro de rendimientos mínimos de la Reglamentación del Trabajo en la Construcción y Obras Públicas, se señala para este tipo de trabajo unas cifras mínimas refiriéndose al operario y jornada.

Desmontes

Picado y retirada de tierras para llevar el tajo limpio. Terreno flojo:

Hasta 1 metro de altura, 4'— metros cúbicos,

Hasta 2 metros de altura, 5'— metros cúbicos.

Picado y desmoronado solamente. Terreno flojo:

Hasta 4 metros de altura, 8.

Más de 4 metros de altura, 10.

DRENAJE Y SANEAMIENTO

Uno de los más importantes capítulos de la cimentación, es el drenaje y saneamiento. Un terreno puede estar seco en su superficie y luego, al hacer la excavación, nos podemos encontrar con una capa de agua que hay que alejar de la cimentación.

Algunos constructores tienen el criterio de que en vez de efectuar la evacuación de las aguas, es más sencillo realizar enlucidos impermeables en los cimientos que impidan la penetración de humedad en los distintos materiales de que se componen éstos. Efectivamente y aunque en casos débiles esto último es más sencillo, en los permanentes y fuertemente acusados, este sistema da resultados sólo durante cierto tiempo, ya que debido a la enérgica acción de las aguas aparecerán eflorescencias. Por lo que es

mucho más recomendable cortar el mal por lo sano efectuando de manera eficiente la evacuación de las aguas.

El agua que puede perjudicar una cimentación puede proceder de muchos sitios y aunque normalmente se consideran las subterráneas y las de lluvia no hay que olvidar la posible presencia del agua motivada por cañerías de conducción, desagües fecales, viejos pozos negros y hasta quién sabe si algún conducto ignorado.

A tenor de esto y como detalle práctico de lo que decimos, relataremos el siguiente caso del cual fuimos testigos presenciales por tener la obra a nuestro cargo:

En la provincia de Valladolid y para el Instituto Nacional de Colonización, construimos una granja escuela para capataces agrícolas, que se alzó en un terreno que en su tiempo fue también granja de un convento.

La construcción de la nueva granja se desarrolló sin ningún impedimento serio.

Entregada la obra y unos meses antes de que terminara el plazo de garantía para la recepción definitiva y devolución de fianza, se recibió en la oficina un oficio del organismo antes citado en el que se invitaba al contratista a reparar con toda urgencia una mancha de humedad que en una de las esquinas del edificio destinado a taller había aparecido.

Personados en la granja con el contratista comprobamos que, en el lugar indicado, el muro presentaba una gran mancha de humedad de trazado parabólico que necesariamente debía proceder del terreno.

Inmediatamente procedimos a descubrir la parte afectada observando que, a medida que se profundizaba en el terreno. más encharcado se presentaba éste, hasta el punto de que para que los dos obreros que trabajaban pudieran hacerlo con alguna comodidad, fue necesario proveerlos de botas de goma.

Alcanzada en su profundidad la cota de cimentación -1,50 m— no se observó, fuera del barro, nada irregular; pero al continuar con la excavación y profundizar 70 cm más quedó al descubierto el motivo de aquel desaguisado; una conducción de agua. Una viejísima cañería de barro cocido era el origen de todo. Por lo que luego se vio, no pertenecía a ningún conducto moderno, sino que muchos años antes debió prestar servicio, siendo desconectada después por alguna razón, quedando allí olvidada.

Por todo lo cual debe considerarse la necesidad de evitar todo reblandecimiento de los puntos del terreno donde asienta la cimentación y de los próximos a los muros. La razón de ello se comprenderá fácilmente, pues el terreno seco sufrirá la misma deformación a los efectos de la carga del edificio; en cambio, si el agua se introduce hasta el asiento de los cimientos, se formará una masa de barro esponjoso que cederá, más o menos rápidamente, con el solo peso de los cimientos. La causa de las grietas, en muchos de los casos es precisamente por no haber tenido en cuenta las filtraciones de las aguas desde el primer momento de la construcción, como hemos venido señalando, amén de un escrupuloso reconocimiento del terre-

no, pues el caso que acabamos de describir, aunque particular, es digno de tenerse en cuenta cuando para construir algo nuevo haya que derribar algo viejo.

Hay muchos procedimientos o métodos para drenar un terreno. El más práctico es el que se ejecuta aprovechando la topografía del terreno.

Se hace por una red de drenes y pozos de drenaje, que se reúnen en drenes o canales colectores de mayor diámetro, hasta terminar en el canal de evacuación (fig. 17). También estas aguas se pueden evacuar por filtración, si hay una capa permeable y, en caso contrario en ríos o arroyos que existan en las inmediaciones, datos que hay que tener en cuenta al proyectar la red de drenaje.

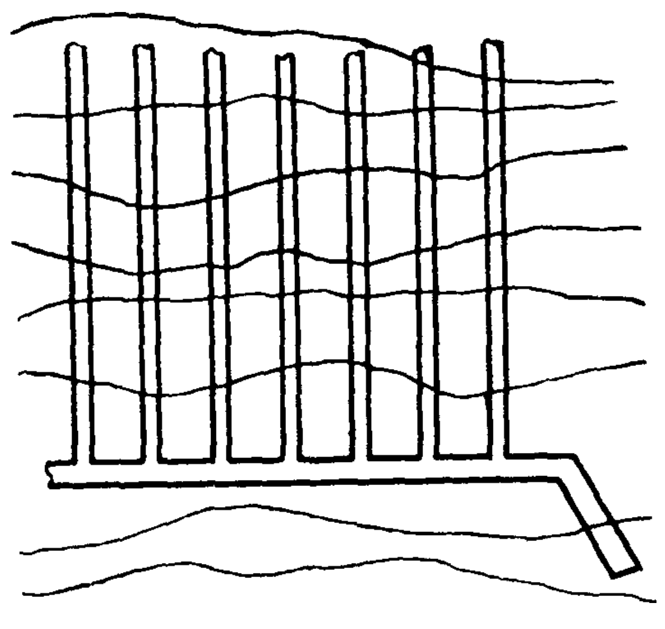


Figura 17

Según la configuración del terreno hay tres procedimientos para la organización de la red de drenaje, y son:

1.º **Drenaje longitudinal:** en que los drenes se colocan siguiendo las líneas de nivel del terreno.

2.º **Drenaje transversal:** Los drenes se colocan perpendicularmente a las líneas de nivel del terreno.

3.º **Drenaje en ziz-zag:** En esta forma de drenaje, la disposición de los colectores es formando ángulos de 90" entre sí.

El ángulo que forman los drenes en su unión con los colectores deberá ser como mínimo de ***60".*** Al planear el sistema de drenaje tendremos en cuenta, además de la pendiente del terreno, el dar a los drenes la pendiente necesaria para que la velocidad del agua en su interior esté entre ciertos límites, para evitar que, por poca velocidad, se depositen los materiales que arrastra y para evitar la corrosión de los drenes por la velocidad excesiva del agua.

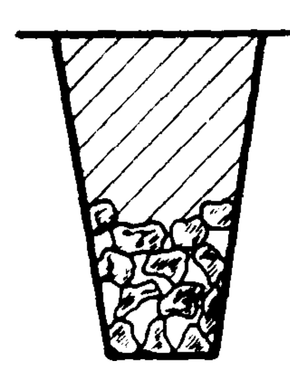


Figura 18

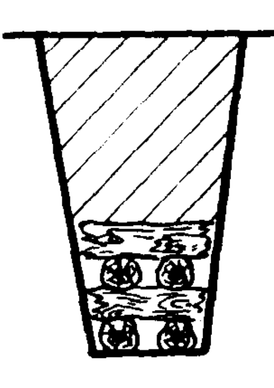


Figura 19

Los elementos más apropiados para drenar un terreno son los tubos de drenaje que, a pesar de su coste superior a los demás, son los de mejor conservación para formar una red de drenaje subterránea en la que el agua penetra en los tubos por sus puntos abiertos.

Si se desea, pueden hacerse drenes como los que se indican en las figuras 18 y 19. Los primeros están compuestos por cantos y los segundos

por lascas de piedra; pero como decimos antes, lo más práctico por ventajas de todo orden son los tubos.

Los tubos de drenaje son de arcilla cocida o gres, pudiendo también emplearse de cemento. Tienen una longitud que varía entre 30 y 50 centímetros, con un diámetro interior de 4 a 20 centímetros, empleándose en los drenes colectores y desagües, tubos de cementos de diámetro conveniente, y cuando éste es superior al tipo standard. En este sistema de drenes, el agua penetra en los tubos por las juntas que se dejarán sin recubrir y un poco separadas. Es conveniente, para activar la circulación de aire por las tuberías de drenaje, reunir las cabezas de los drenes por una tubería en cuyo punto más elevado se establece una chimenea de ventilación. Esta puede hacerse 'de diferentes modelos, construida con ladrillo o mampostería. En esencia consiste en una caja o chimenea de donde parte el primer tubo con orificios de ventilación a una cierta altura sobre el nivel del terreno para evitar que penetren sustancias extrañas.

La unión de tubos de drenaje con los colectores se efectúa por piezas fabricadas especiales, pero también puede hacerse perforando el tubo de drenaje, y tapando su boca; se coloca sobre el colector, también perforado, recibiendo la junta con cemento.

El cambio de calibre de los tubos puede hacerse por piezas fabricadas especiales en forma de botellas o también si son superficiales, en arquetas de ladrillo enlucido en las que acometen o parten los 'dos tubos.

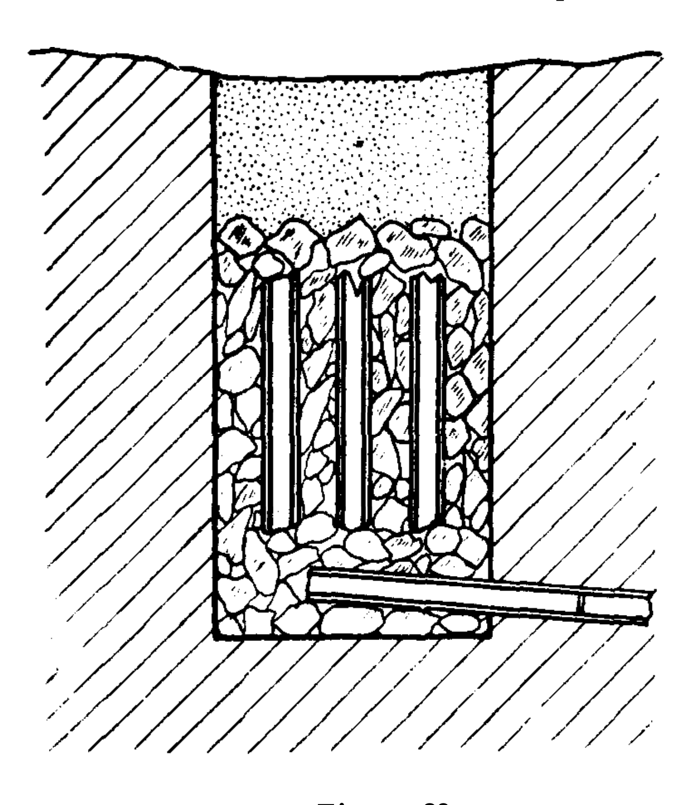


Figura 20

En las zonas más encharcadas, se facilitará la filtración del agua a la red drenaje por medio de pozos que se construirán en los puntos más bajos del terreno, y de cuyo fondo parte un dren de evacuación que los une al colector más próximo; estos pozos están constituidos por capas de cantos o grava y arena gruesa que evitará penetre excesiva cantidad de fango en el interior de la tubería, siendo su disposición la que se indica en la figura 20.

La distancia a que hay que colocar los drenes y la profundidad de los mismos está en relación con el descenso que queremos obtener de la capa freática, o sea con el espesor de la capa que queremos desecar, dependiendo directamente de la permeabilidad del terreno. Pero como ésta, a su vez, depende de la composición granulométrica y química del mismo, la profundidad y distancia entre los drenes ha de relacionarse con estos factores.

En un terreno con una capa freática, de altura determinada una vez que coloquemos los drenes, esta capa freática sufre un descenso. Pero este descenso no es uniforme en todos los puntos, sino que es muy acusado en las inmediaciones de los drenes, quedando más elevado entre ellos. La altura de esta elevación entre drenes está relacionada con la permeabilidad del terreno. Cuanto más permeable sea éste, tanto más uniforme será el descenso de la capa líquida y menos elevación alcanzará entre los drenes y, al contrario, cuanto menos permeable sea el terreno, menos uniformidad tendrá este descenso y a mayor altura permanecerá la capa líquida entre los drenes. En estas condiciones el descenso que desearíamos del nivel líquido podemos conseguirlo de la siguiente forma:

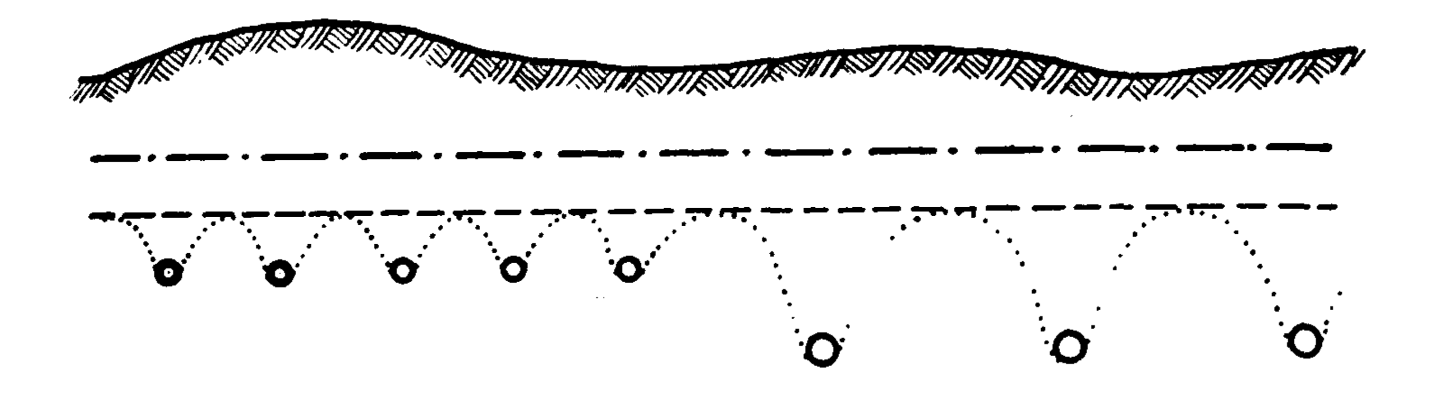


Figura 21

1.º Cuanto menor sea la distancia entre los drenes, menos altura alcanzará el nivel freático entre ellas (fig. 21).

2." Cuanto más profundos estén los drenes, mayor descenso conseguiremos del nivel freático (fig. 21).

Teniendo en cuenta el espesor de la capa que deseamos sanear, o sea, el descenso del nivel freático que deseamos obtener, podemos hacerlo poniendo los drenes a corta distancia y superficiales o a mayor distancia y más profundos siendo inversa la relación entre distancia y profundidad.

La distancia a que se colocan los drenes está limitada por el coste de la excavación, que será mayor cuanto más profunda sea la zanja. Se señala en general un mínimo de 1 a 1'20 metros, y en terrenos que posteriormente se dediquen a cultivo no deberá ser menor de 1'30 metros, para evitar lleguen a ellos las raíces profundas que tienden a crecer entre los tubos y obstruyan los drenes, sobre todo empleando el drenaje con tubos.

Hay tablas que nos dan la distancia a que debemos colocar los drenes en relación con la permeabilidad del terreno, la cual está dada en relación con su análisis granulométrico según su contenido en lama, polvo y calcio. Las tablas de Kopetzky, Kornella y Gerhardt están en relación con el contenido en lama y las de Frauser con el contenido en polvo y lama.

TABLA DE KOPETZKY — N.º 2			TABLA DE KORNELLA N.º 3	
Contenido en lama por 100	Distancia entre drenes metros	Profundidad de los drenes metros	Contenido en lama por 100	Distancia entre drenes metros
de 70	8 a 9	1'15 a 1'30	80 a 100	8 a 10
55 a 70	9 a 10	1'20 a 1'25	60 a 80	10 a 12
40 a 55	10 a 12	1'16 a 1'70	40 a 60	12 a 14
0 a 40	12 a 14	1'15 a 1'55	30 a 40	14 a 16
20 a 30	14 a 16	1'15 a 1'55	20 a 30	16 a 18
10 a 20	16 a 18	1'15 a 1'55	10 a 20	18 a 20
de 10	18 a 20	1'15 a 1'55	0 a 10	20 a 24
arenas	20 a 24			

TABLA DE GERHARDT — N.º 4		TABLA DE FRAUSER — N.º 5	
Contenido en lama por 100	Distancia entre drenes, metros	Contenido en polvo sobre lama por 100	Aumento de ladistancia en metros sobre la base
de 75	10	15	4'50 a 6'20
50 a 75	10 a 12	10	3'50 a 5' -
40 a 50	12 a 14	5	3' — a 4'-
30 a 40	14 a 16	0	2'— a 2'50
20 a 30	16 a 20	5	1'— a 1'20
10 a 20	20 a 24	10	0'00 a 0'00
de 10	24 a 30		

RELACION DEL TERRENO CON LA CIMENTACION

Anchura y profundidad de los cimientos

De todos es sabido que las dimensiones de una cimentación no responden a un capricho del proyectista sino que sus medidas son el resultado de cálculos que, aunque si bien muchas veces en la práctica se realizan con prontuarios en lugar de cálculo directo, no por eso vamos a abandonarnos a esta comodidad facilona, pues se nos puede dar el caso de que en determinado momento no tengamos a mano los citados formularios y será entonces cuando se nos presenten dificultades e inconvenientes.

Para obviar esto, vamos a presentar un sencillo cálculo para cimientos ordinarios y corrientes, fácil de retener en la memoria.

Entenderemos, pues, por cimientos ordinarios, los **continuos** o por mejor decir y más vulgarmente, los muros encerrados dentro de zanjas previa-

mente abiertas. Con respecto a la carga, la supondremos uniformemente repartida.

Para su cálculo se averiguará, en primer lugar, la carga que soporta el muro que debe presionar sobre el cimiento a cuya carga deberá añadirse el peso propio del muro e incluso el del mismo cimiento. Los pesos propios pueden calcularse de la forma que se describe más adelante, pero para no hacer tan engorroso el cálculo y como desconocemos las medidas del cimiento, porque precisamente es lo que queremos calcular, se aumenta provisionalmente la carga en un 10 por 100, que suele ser aproximadamente el peso propio del cimiento.

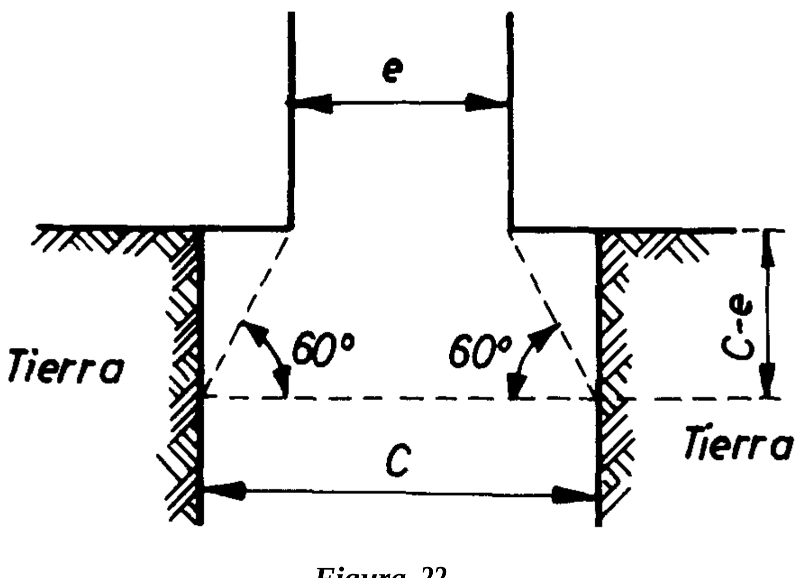


Figura 22

De éste nos interesa el ancho y la profundidad. El cálculo se hace por un metro lineal de cimiento y la profundidad del mismo debe ser tal que asegure la transmisión de toda la carga a la superficie del asiento del cimiento para ello debe tenerse en cuenta que la presión se trapsmite con una inclinación de 60º y tendremos (fig. **22)** que llamando **c** a la anchura del cimiento y **e** a la del muro que apoya en el cimiento la profundidad o altura del mismo que llamaremos h será:

$$\mathbf{h} = \frac{\mathbf{c} - \mathbf{e}}{2 \times 0'577} \sim \mathbf{c} - \mathbf{e}$$

(Aproximadamente, porque **2** x 0'577 es más o menos igual a **1.)**

Aclaramos que el número 0'577 es el valor de la cotangente trigonométrica del ángulo de 60" y, por lo tanto, un coeficiente fijo.

Por todo lo que antecede podemos establecer que la **profundidad del cimiento deberá ser igual o mayor que la diferencia entre su ancho y la del muro que sostiene. Ejemplo:**

Un terreno que tiene una resistencia de 2'50 Kg por cm' ha de soportar un cimiento para un muro de 0'45 m de espesor cargado con 20.000 Kg ml. — ;Qué dimensiones tendrá la cimentación?

Carga del muro por ml	20.000 Kg
Peso propio del cimiento (10 por 100) . .	2.000 Kg
Carga total . .	22.000 Kg

Como cada cm2 de terreno resiste 2'50 Kg, serán necesarios para los 22.000 Kg.

$$\frac{22.000}{2'5} = 8.800 \text{ cm}^2$$

Y como es por metro lineal del cimiento, la carga supondrá una anchura de:

$$\frac{8.800}{100} = 88$$ centímetros, que, redondeando la cifra, será 90 cm.

Conocido el ancho del cimiento sólo nos resta hallar su profundidad. Aplicando el razonamiento anterior, tendremos:

$$90 - 45 = 45 \text{ cm}$$

Resultado por lo tanto, una profundidad mínima de 45 cm.

CONSIDERACIONES SOBRE CIMIENTOS CONTINUOS Y AISLADOS

La cimentación continua es la más generalizada sobre terreno seco. Su base de sustentación no se halla interrumpida, caracterizándose por su uniformidad en cuanto a profundidad y anchura.

Cuando para encontrar el firme debe excavarse a profundidades superiores a **3** metros, no es aconsejable, desde el punto de vista económico, el cimiento continuo, recurriéndose entonces a los **macizos aislados** o al impropiamente llamado **cimiento discontinuo.**

Cimentación discontinua es la formada por una base de pilares y bóvedas u otro sistema similar sobre las que se establecerá la obra de fábrica. En vez de efectuar la excavación en zanjas se procede del modo siguiente:

1.º Excavación y relleno de pozos de cimentación que estarán separados unos de otros, como máximo, de **3** a 4 metros. El material de relleno de estos pozos, es el hormigón. También se utiliza el ladrillo si se construyen sotanos

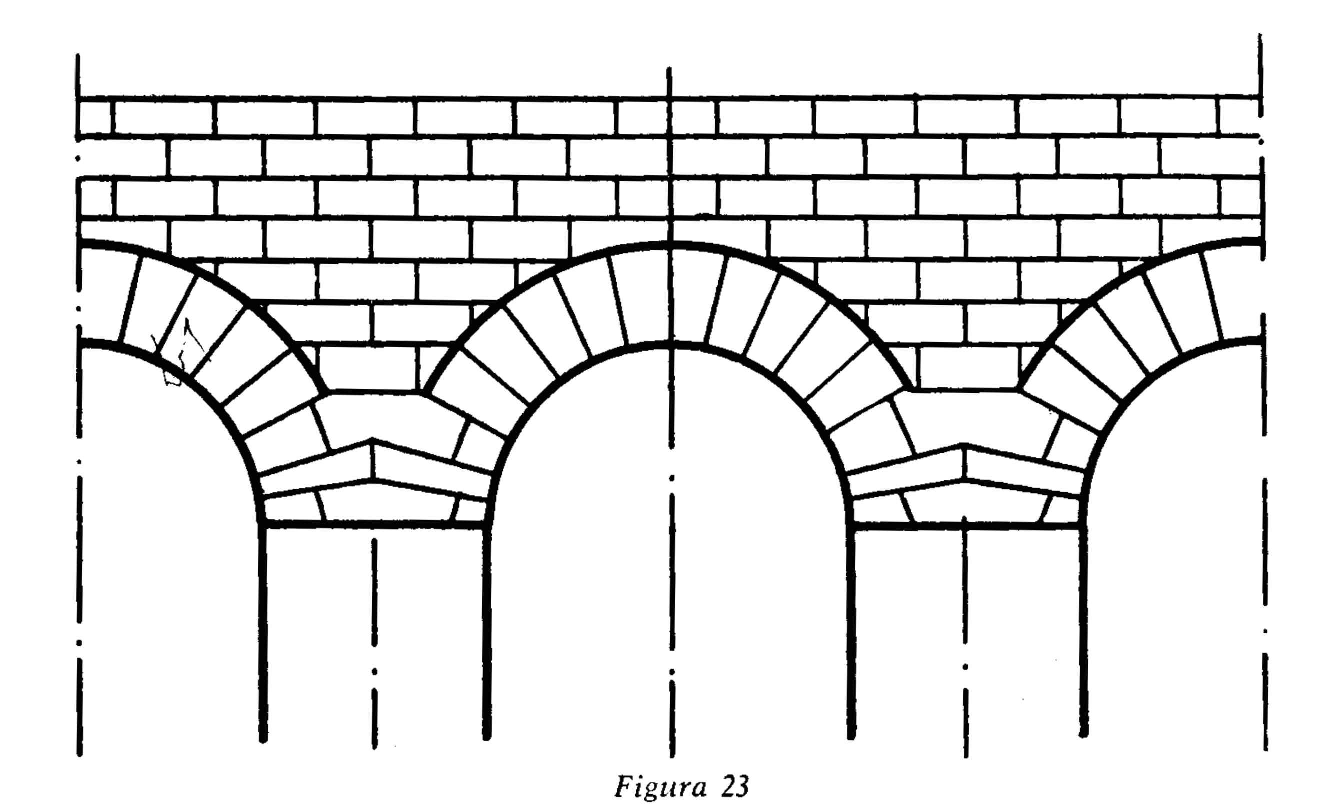


Figura 23

2.º Construcción de arcos entre pozo y pozo de cimentación. Estos arcos son de obra de fábrica o de hormigón (sin armar o armado).

3.º Cimentación continua sobre la base anterior formada con obra de fábrica corriente.

Se procurará disponer los pozos en los puntos más cargados (ángulos, entrepaños, etc.). Pueden tener sección rectangular o circular, siendo sus diámetros normales de 1'40 m para las esquinas y 1'20 a 1'30 m para los restantes.

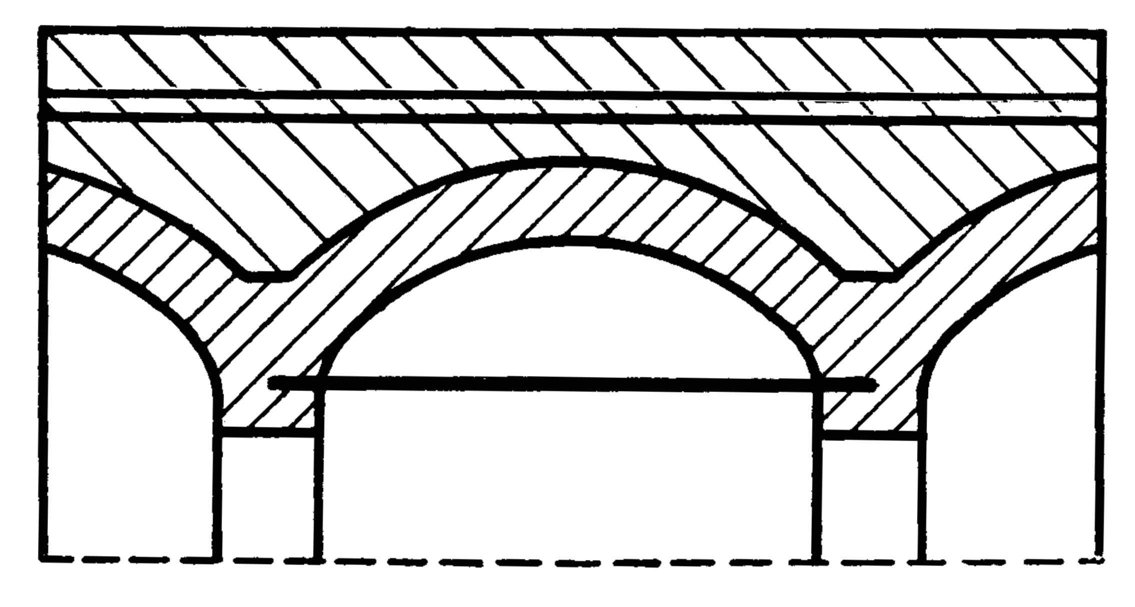


Figura 24

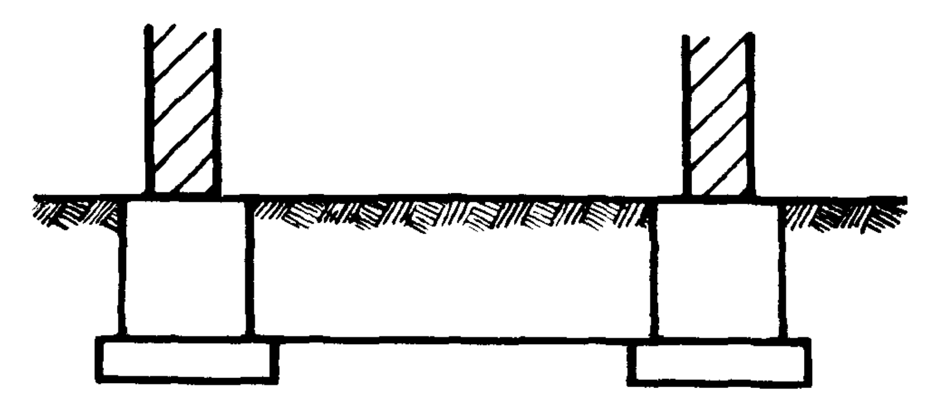


Figura 25

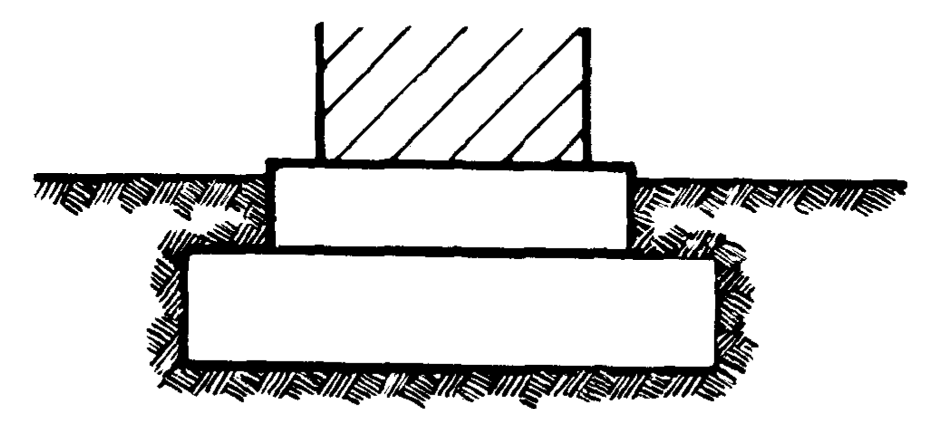


Figura 26

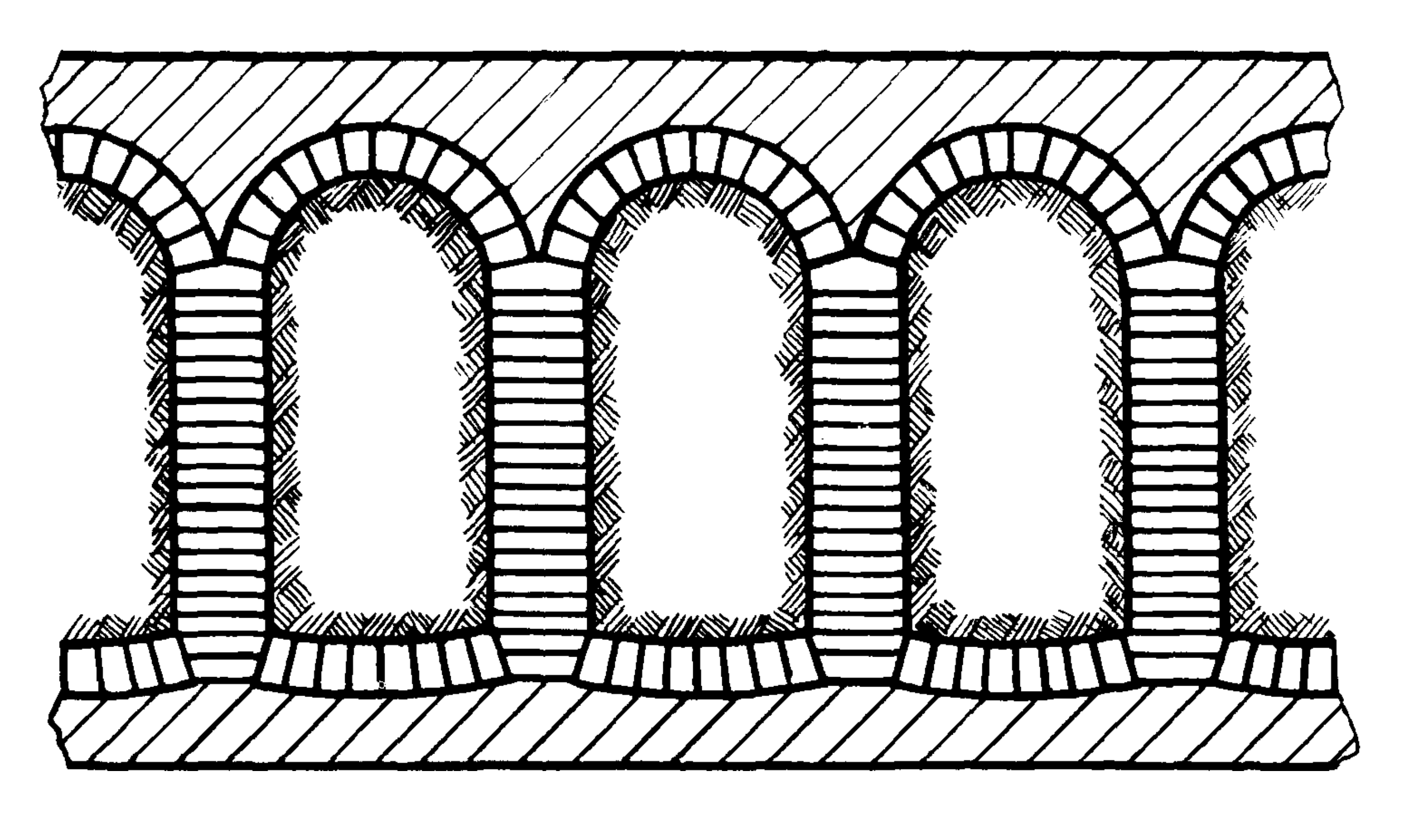


Figura 27

Los arcos pueden construirse de medio punto (fig. **23)** y, caso de que los pozos estén muy distanciados unos de otros, pueden ser arcos rebajados unidos, además por una varilla de hierro para contrarrestar empujes, como puede observarse en la figura 24.

Puntos de carga concentrada pueden dotarse de macizos suplementarios debajo del cimiento general y de ancho mayor que éste (figs. 25 y 26).

Una forma de repartir sobre el terreno la presión de pilares aislados, consiste en la construcción de bóvedas invertidas. Sus arranques se disponen bajo los zócalos de los distintos pilares de cimentación, tal como se indica en la fig. **27.**

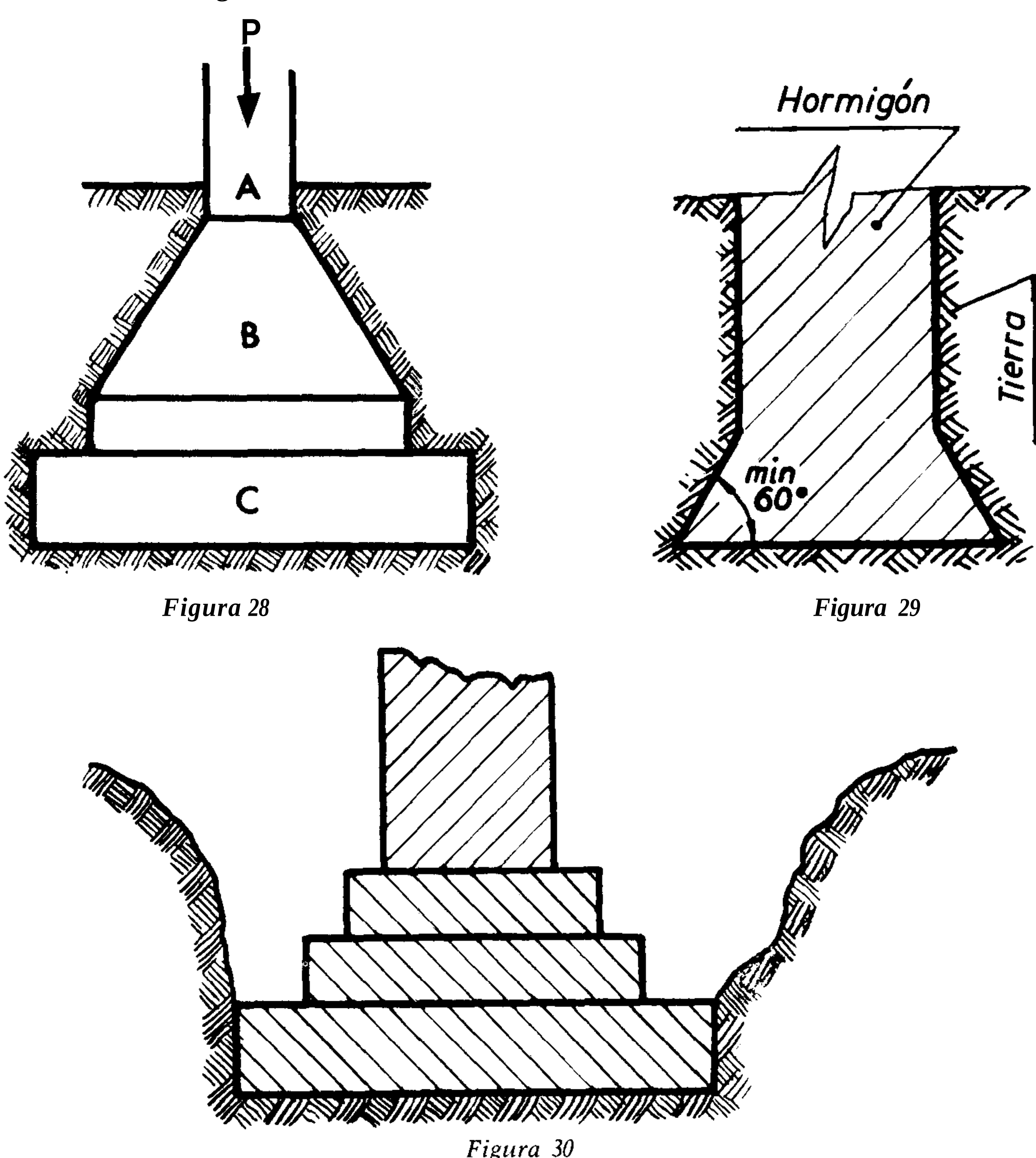


Figura 28

Figura 29

Figura 30

Las cimentaciones aisladas totalmente son, de ordinario, para elementos muy cargados y de una superficie reducida, por lo que el cimiento debe disponerse de forma que la carga se reparta en la mayor superficie posible. Esto puede solucionarse dando al cimiento una sección troncopiramidal (fig. 28) o bien escalonada (fig. 30 y 31).

El bloque B (fig. 28) tiene por misión trasladar la carga **P** que actúa sobre el pilar **A** a una subcimentación C.

En caso de pilares de hormigón armado, éste se continúa en el cimiento adoptando una sección troncopiramidal, confeccionándose con el mismo hormigón del pilar (fig. 29).

En caso de cimentación aislada de columnas de piedra o hierro, los bloques están formados por losas del mismo material, cuya misión es trasladar la carga sobre una mayor superficie hasta llegar al bloque de cimentación (fig. 30).

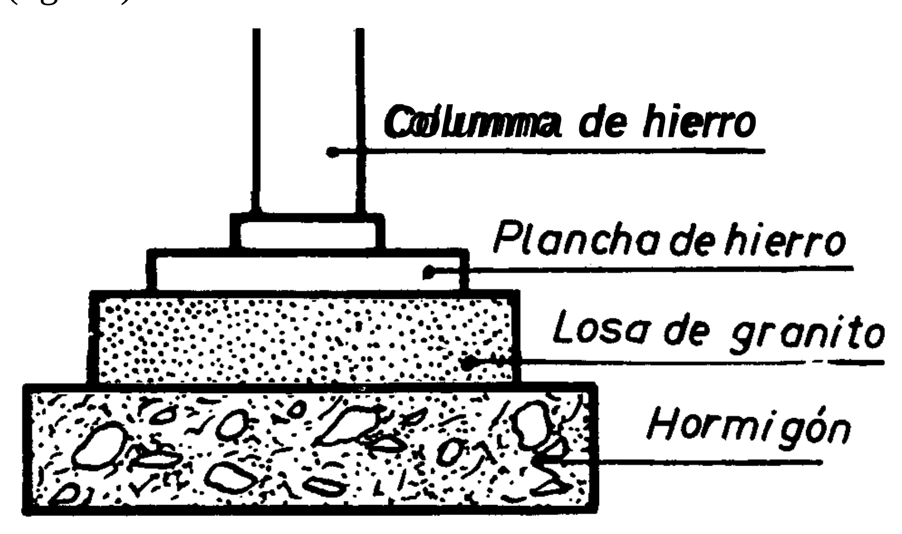


Figura 31

Las zapatas tienen como misión disminuir la presión vertical sobre un terreno, de un elemento cualquiera utilizando el procedimiento del **zampeado** (o escalonado), que consiste en aumentar la superficie del cimiento progresivamente para que, al repartirlo entre mayor superficie, disminuya la presión por centímetro cuadrado. En la figura 31 puede verse cómo se disponen las zapatas de diferentes materiales para reducir la altura de la zapata.

FORMA DE CONSEGUIR QUE LA PRESION SOBRE EL TERRENO SEA LA MISMA EN TODOS SUS PUNTOS

Es bastante frecuente que en un edificio, el peso de sus diversas partes no se distribuya uniformemente sobre la cimentación, sino que unos puntos sufran más presiónque otros. Por ejemplo: En la figura 32 se representa un sistema de cimentación en el que **A** corresponde a muros de poca carga

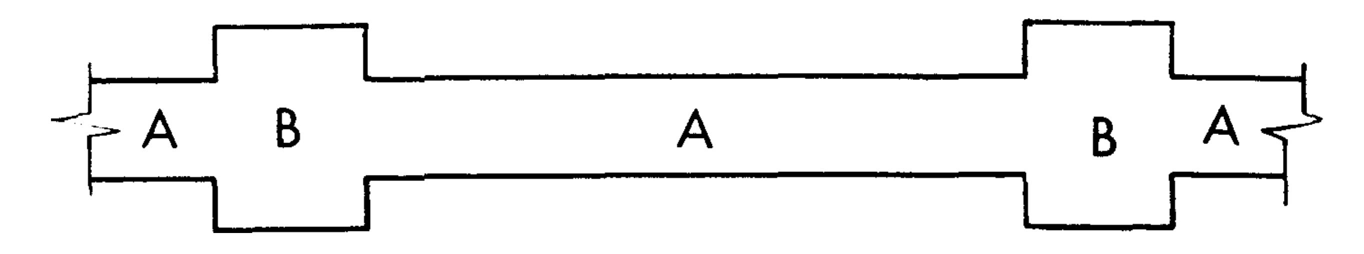


Figura 32

y B a pilares de carga concentrada. Las diferencias de presión se resuelven mediante diferentes anchos en la cimentación, con lo que se consigue uniformidad de resistencia.

II. Trazado y excavación de cimientos

REPLANTEO DE CIMIENTOS

Replantear cimientos es trasladar al terreno los datos del plano de cimentación del proyecto. Para ello hay varios sistemas, pero el que más cómodo y exacto nos ha parecido siempre, es el utilizado por camillas.

Pero en el ejemplo que vamos a exponer, no nos limitaremos al edificio urbano de fácil solución, sino a ese tipo de construcción actual donde las casas, al agruparse por cientos, la línea recta tiene una importancia vital, ya que las fachadas, principalmente las que dan a la calle, tienen que pañear unas con otras en forma correcta e impecable, siendo motivo de orgullo para el que lo realiza, cuando, desde una esquina se ven todas las fachadas confundidas en una línea vertical perfectamente aplomada.

Para realizar un buen replanteo, lo primero de que tendremos que proveernos es de una cinta metálica, a ser posible de 50 metros. Esta tiene la ventaja sobre las demás de que su variación es inapreciable a los cambios de temperatura y podemos trabajar aun cuando la lluvia humedezca el suelo. También dispondremos de una docena de jalones de dos metros, estacas, listones de madera para camillas, martillo, clavos y cuerdas de albañil en cantidad suficiente para lo que queremos realizar.

EJEMPLO DE REPLANTEO

En posesión del plano de ordenación (fig. **33)** observamos que representa una serie de casitas para colonos con los anexos de dependencias agrícolas y un extenso corral, cuyas parcelas o solares miden entre ejes 18 X40 metros. Este grupo está situado a 30 metros del eje de la carretera y paralelo al mismo, teniendo su arranque a partir del hito del Km 92.

Procederemos así:

1.º Si la carretera es de 8 m, escantillaremos 4 en los puntos **A** y B.

2.º Con una cuerda uniremos **A** con B, con lo que obtendremos el eje de la carretera.

3.º En el punto C haremos una escuadra con el **3,** 4, 5 o múltiplos de estos números, que no es más que un triángulo cuyos catetos miden 3 y 4 metros respectivamente, teniendo 5 metros la hipotenusa (fig. 34).

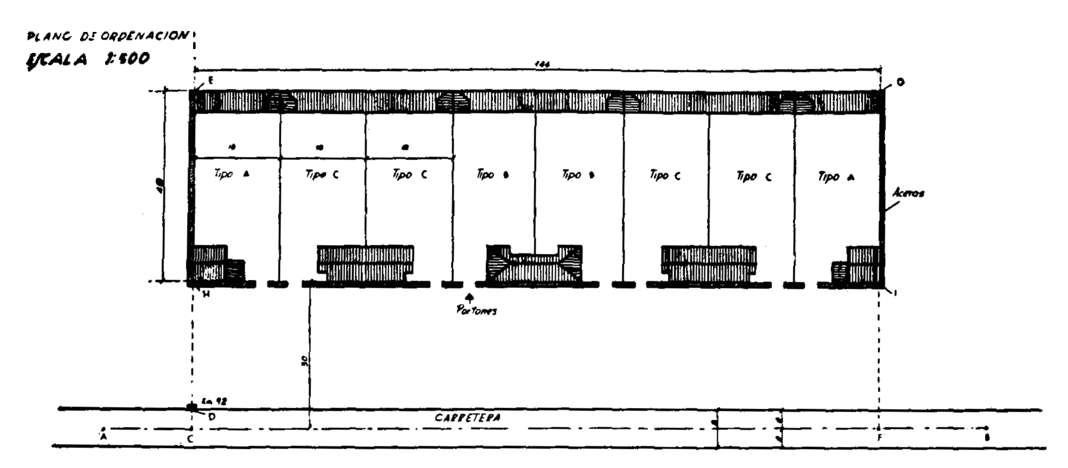


Figura 33

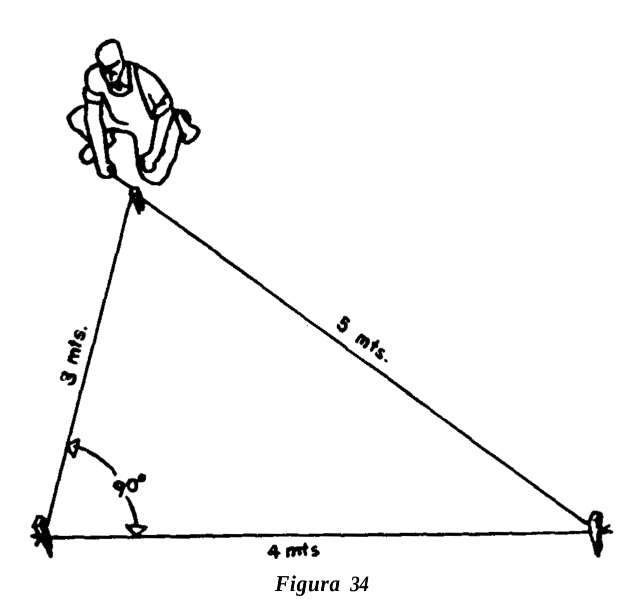


Figura 34

4.º Obtenido el punto **D,** situaremos dos jalones, uno en **C** y otro en **D,** con los que podremos tirar líneas hasta los puntos **H** Y E (fig. *35),* los cuales fiiaremos exactamente midiendo 30 y 40 metros, respectivamente, según el acotado del plano.

5.º Para obtener el punto F (fig. 33) mediremos, a partir del **C,** los 144 metrosque nos piden.

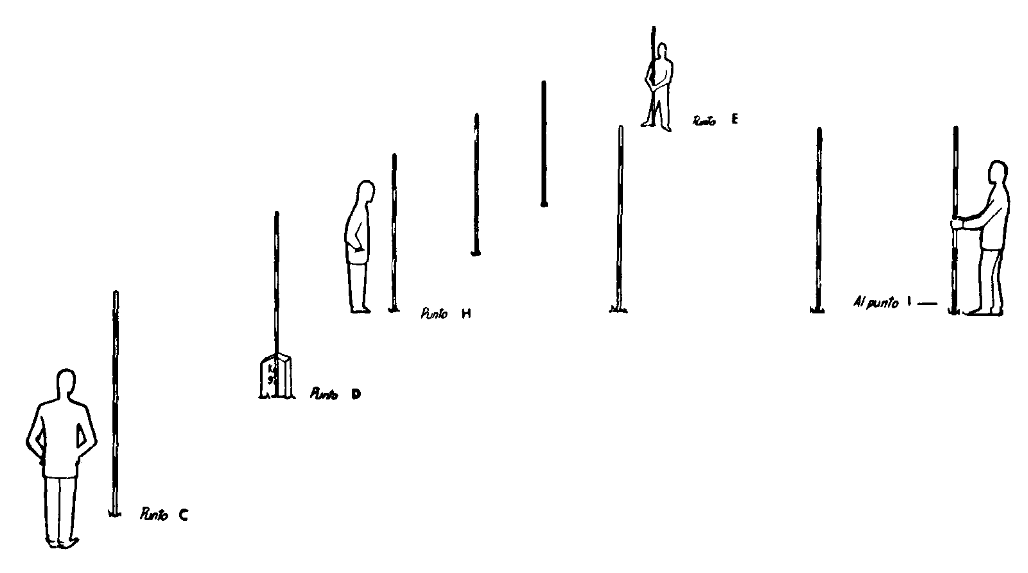


Figura 35

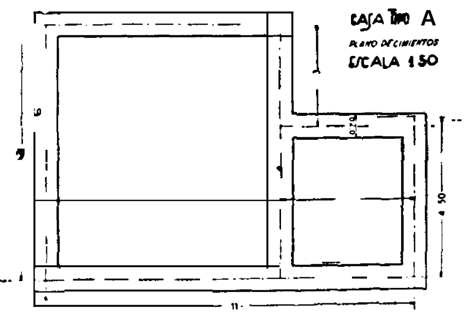
6.º También, y desde el punto F y para conseguir el **I** y el **G,** operaremos de igual forma que lo descrito en el apartado **4.º**

7." Con una cuerda uniremos los puntos **E, G, H, I,** cuyo resultado será un rectángulo.

8.º Desplazándolas del eje una distancia suficiente para que luego no estorben al excavar las zanjas, situaremos las camillas de replanteo cada 18 metros, los que, a su vez, nos servirán de comprobación si el trabajo está bien realizado.

Para el replanteo de las casas de los diferentes tipos, recurriremos a los planos de cimentación, cuyo replanteo no ofrecerá dificultad si nos limitamos a ejecutarlo tal y como lo hemos hecho para su conjunto, máxime cuando tantos puntos y líneas tenemos ya como referencia.

Sea la figura **36** el plano de cimiento de una casa tipo **A.** Inmediatamente observamos que su escuadra principal se corresponde exactamente con la formada en el plano de ordenación por el ángulo E, **H, I,** bastándonos, por lo tanto, medir desde el punto **H** y hacia el **E** los 7'50 metros para volver inmediatamente después al punto **H** y medir con dirección al **I** los **7** y **4** metros respectivamente,



Flgura 36

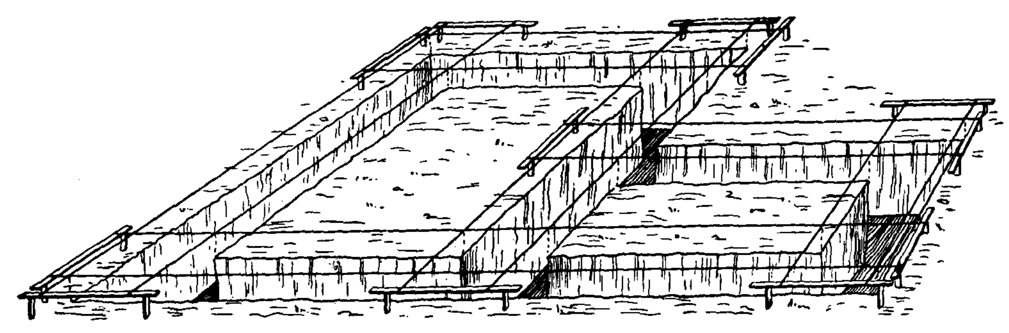


Figura 37

donde situaremos las camillas correspondientes, desde las cuales realizaremos nuevas escuadras hasta conseguir el conjunto de la figura **37.**

Una vez clavadas las camillas en el terreno, señalaremos en las mismas el ancho de la cimentación (en nuestro caso 0'70 m) y uniremos las señales por medio de cordeles. Una vez realizado esto, con la punta de un pico o con cal, señalaremos en el terreno las zanjas de cimentación. Quitaremos después las cuerdas y ya podemos dar la orden de comenzar la excavación, no sin antes advertir al personal que respete las camillas, pues se da el caso, harto frecuente, de que éstas, o son arrancadas o quedan enterradas con los productos de la excavación, lo que significa, al poner miras para levantar muros, tener que volver a replantear, con la consiguiente pérdida de tiempo, errores, etc., mientras que, con la camilla intacta, el oficial de miras tendrá seguridad en su trabajo.

Una regla general y común para todos es la de cotejar los planos de cimientos con los de planta, pues se nos han dado frecuentes casos de que uno y otro no se correspondían entre sí, bien por error del proyectista o bien por parte del delineante que los dibujó, lo que después da motivos a rectificaciones que en materia de cimientos puede resultar peligroso por los añadidos y pegados que hay que realizar sobre el hormigón ya fraguado y endurecido, cuando lo ideal es la continuidad monolítica de la cimentación.

SISTEMA PRACTICO PARA EL REPLANTEO DE ESCUADRAS EN EL TERRENO

Anteriormente nos hemos referido varias veces a la realización de escuadras y éstas podrán parecer complicadas para aquellos quienes se inicien en el oficio, por cuya circunstancia expondremos un método mucho más sencillo que simplifica extraordinariamente esta operación.

Supongamos (fig. 38) que tenemos ya clavadas en el terreno las camillas **A** y B y que en el punto **C** tenemos que levantar una escuadra.

1.º Con cuerda de albañil bien tensada uniremos los ejes de las camillas **A** y B.

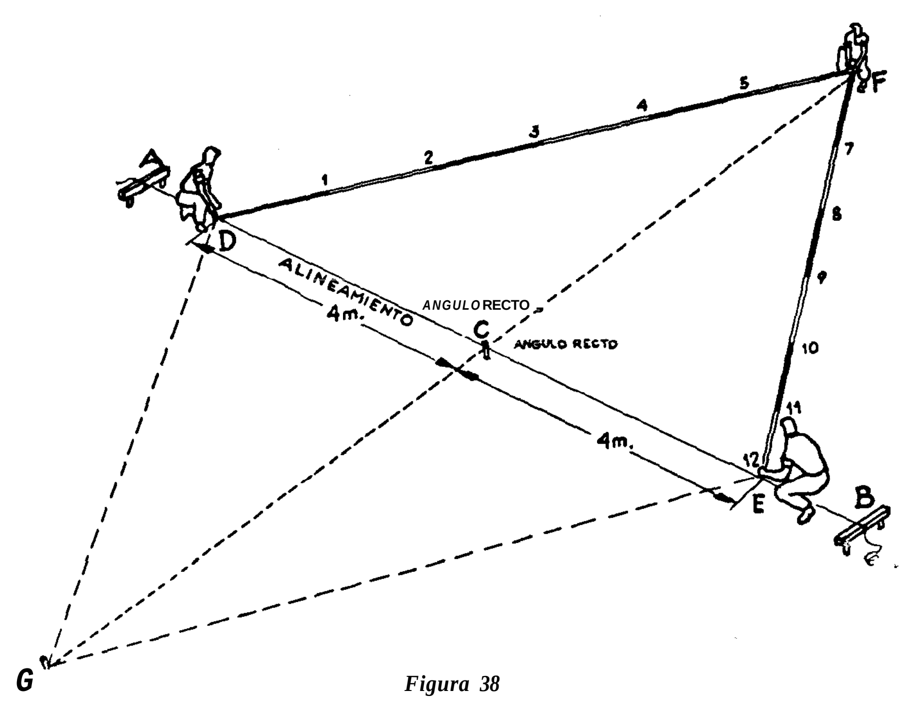


Figura 38

2." A derecha e izquierda del punto **C** escantillaremos, con la cinta métrica, 4 metros, con lo que nos habrán salido dos nuevos puntos: el **D** y el E. Estos puntos estarán representados por estacas en cuya testa se habrá clavado un clavo sin terminar de embutir en la madera, cuidando (de esto depende el éxito de la operación) de que el referido clavo sea vertical y a eje de la cuerda AB.

3.º Tomando un número cualquiera —por ejemplo el 12, situaremos la anilla de la cinta en el punto D y otro operario hará coincidir el número 12 con el clavo del punto E.

4.º Doblando la cinta por la mitad del número elegido, o sea 6, y utilizando para ello los dedos pulgar e índice, nos moveremos de forma hasta que veamos que la cinta ha quedado tensa. Entonces formará un ángulo cuyo vértice será el punto F, donde situaremos otra estaca provista de su correspondiente clavo.

5." Invirtiendo las cosas volveremos a realizar estas operaciones hasta conseguir el punto ***G***, con lo cual quedará terminada la escuadra, y si hacemos pasar un cordel por los puntos F, C, ***G***, esta nueva línea será la perpendicular a la recta AB.

Advirtiendo que, como puede suceder que al tensar la cinta se tense más de un lado que de otro, es conveniente rectificar los puntos separada-

mente, es decir, que se medirán aisladamente partiendo desde **D** y desde **E** hacia F, ***G,*** los ***6*** metros, haciendo las rectificaciones a que haya lugar.

Debe cuidarse el plano de las estacas y la verticalidad de los clavos. ya que una variación nos conduciría a errores.

SISTEMA PRACTICO PARA EL REPLANTEO DE ALINEACIONES

Si como es frecuente tenemos en obra un nivel corriente de anteojo (no es necesario que tenga limbo) podremos trazar ejes de 200 a 300 metros con extraordinaria exactitud, con lo que queda eliminado el pandeo de la cuerda, bien por su peso propio en largas distancias o bien por viento.

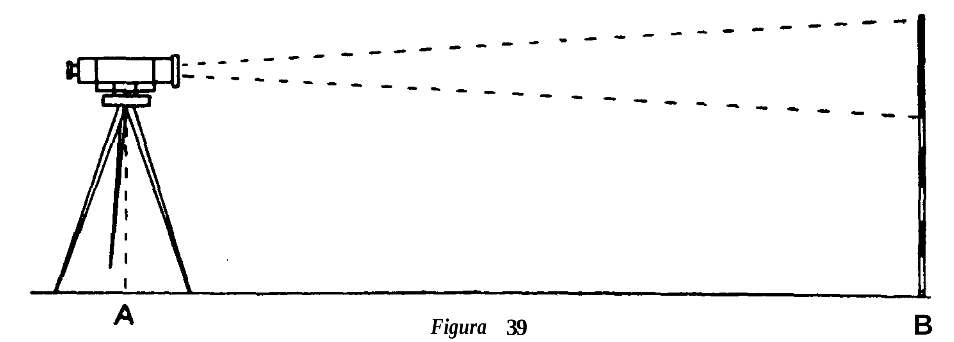


Figura 39

Sean los puntos **A** y B de la figura 39. En **A** colocaremos el aparato perfecta y exactamente aplomado, de forma que estando en estación el objetivo capte perfectamente el jalón situado en B, el cual aparecerá en la forma que indica la fig. 40, y después será tarea sencilla ir colocando jalones con dirección al aparato sin más cuidado que el de ir observando su verticalidad en relación con el anterior, ayudándonos del hilo del retículo. Quien haga esto, no pase cuidado que si uno de los jalones está mal puesto, se verá perfectamente y con toda precisión. Debe tenerse en cuenta que las imágenesse ven invertidas.

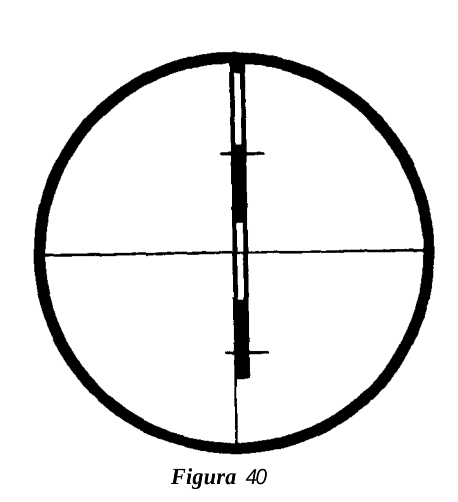


Figura 40

EXCAVACION DE ZANJAS

Dijimos en un principio que para cimentar sobre un terreno el ideal es la roca, pues para cimentar sobre ella resultaría inútil dar base de sustenta-

ción a los muros e incluso se podría prescindir de las zanjas, pero éstas tienen la ventaja de evitar que se descalcen los muros cuando se practican ciertos trabajos en los sótanos, además de hacer más difícil todos los movimientos o deslizamientos que pudiera producir una causa cualquiera.

Por tanto, y después del replanteo, la excavación en zanjas será la primera operación a realizar en toda obra.

La excavación, pues, se realizará de acuerdo con el plano de cimentación del proyecto y con el ancho exigido, así como la profundidad que haya determinado el arquitecto o director de la obra, evitando en lo posible (a no ser que específicamente así se exija) la formación de taludes (figura 41), pues éstos perjudican la obra, ya que un cimiento construido así, presionará en forma de cuña sobre el terreno, produciéndose asientos difíciles de corregir luego.

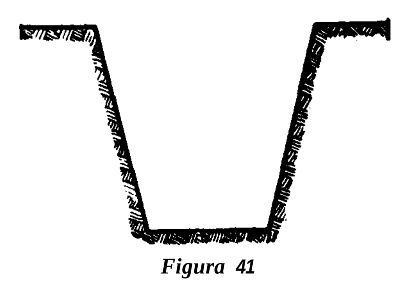


Figura 41

Todos los paramentos de las zanjas deberán estar perfectamente recortados, su fondo bien nivelado y completamente limpio de productos de excavación.

Al efectuar la excavación y ser arrancadas las tierras, éstas aumentan de volumen, produciéndose entonces lo que se Ilama **esponjamiento,** el cual varía según la naturaleza del terreno, pero en la práctica se admite un 25 por ciento de esponjamiento, o sea que, multiplicando la cubicación del terreno a excavar por 1,25, nos dará el volumen total a transportar. Este tanto por ciento es la medida que resulta de los diferentes terrenos, pues como decimos antes, el esponjamiento varía con arreglo a la naturaleza de las tierras, como seguidamente veremos por la tabla **6.**

ESPONJAMIENTO DE LOS TERRENOS **TABLA 6**

NATURALEZA DE LAS TIERRAS	Un metro cúbico de excavación produce	
	Sin compresión m3	Comprimida todo lo posible m^3
Tierra vegetal (aluviones, arenas, etc.) ...	1'10	1'05
Tierra franca muy grasa	1'20	1'07
Tierra margosa y arcillosa medianamente compacta	1'50	1'30
Tierra margosa y arcillosa muy compacta ...	1'70	1'40
Roca desmontada con barrenos y reducida a trozos...........................	1'66	**1'40**

ENTIBACIONES

Hay muchas clases de entibaciones, pero ciñéndonos a lo meramente constructivo, señalaremos tres tipos de entibaciones para zanjas, vaciados y pozos.

Las entibaciones tienen como principal misión la de proteger al obrero cuando éste ejecuta una tarea bajo la rasante del terreno. Mientras que las zanjas o pozos son de poca profundidad y se tiene la seguridad de que el terreno es coherente, no es necesario tomar tal precaución; pero si, por el contrario, se trata de terreno movedizo o poco consistente, entonces es cuando se impone la entibación, sin escatimar material alguno, pues en estos casos un ahorro mal entendido de madera puede conducir a lamentables fracasos, muy difíciles de compensar por tratarse de vidas humanas que se ponen en juego.

Por lo tanto, entibación es la operación destinada a la contención de tierras, que se realiza de manera transitoria (hasta el relleno del cimiento) mediante piezas de madera, cuyo sistema varía con arreglo a la clase de excavación de que se trate así como de la calidad del, terreno.

En el caso de que éste sea algo consistente, bastarán unos tablones adosados **a** la zanja y unos codales de rollizo para impedir el desprendimiento de tierras. Los codales no entran a presión, sino que ésta se realiza mediante un par de cuñas que se introducen entre la testa del rollizo y la tabla o el tablón de sujeción conforme se dispone en la figura 42.

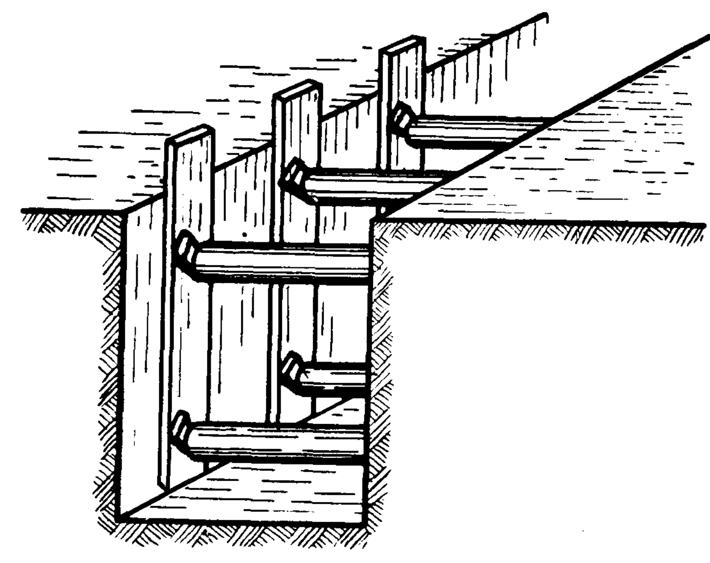


Figura 42

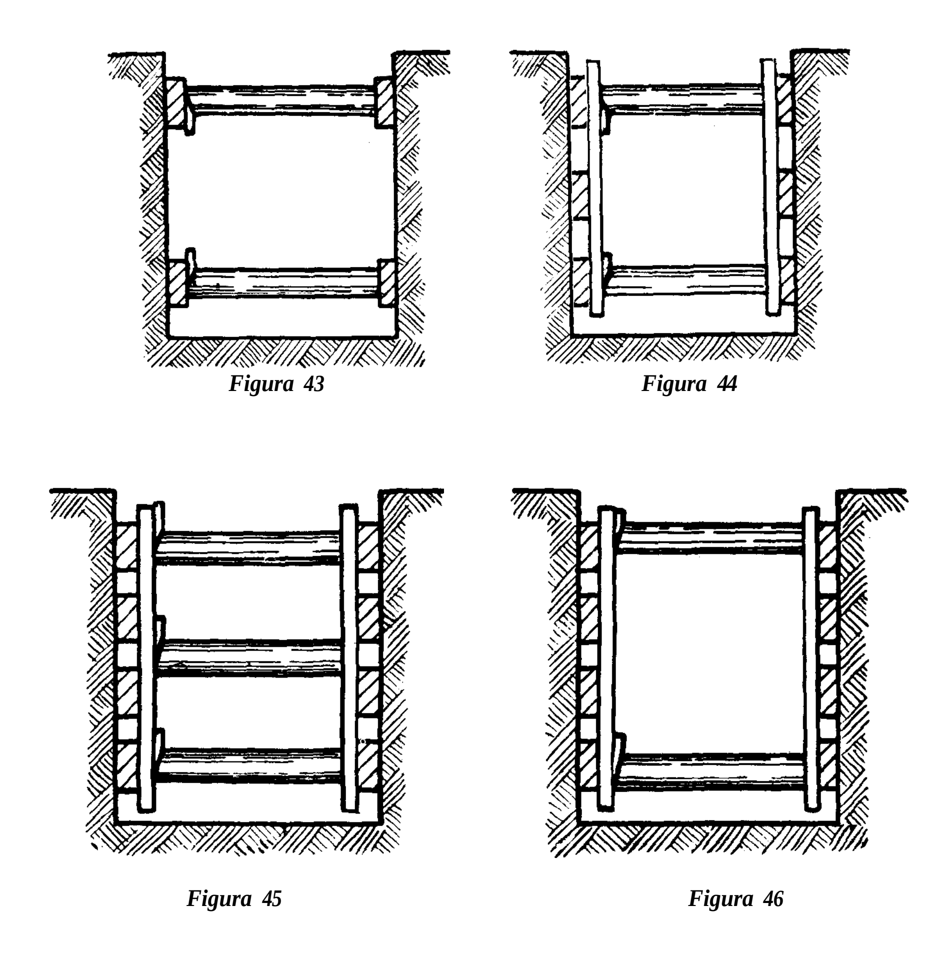


Figura 43 *Figura 44*

Figura 45 *Figura 46*

Para terrenos de menos cohesión y, por lo tanto, más propensos al desprendimiento, en las figuras 43, 44, 45 y 46 representamos varios sistemas de **acodalamientos,** observando la precaución, si ello es posible, de dejar, entre codales, el espacio suficiente para que de una forma más o menos cómoda pueda pasar un obrero con su herramienta.

A medida que se van rellenando las zanjas, podrá irse quitando la madera en pequeños trechos y mientras el hormigón va fraguando, ya que de otro modo sería muy difícil o costoso recuperar la madera.

Cuando los terrenos no son consistentes, se realizan los **entibados** (figuras 47 y 48) mediante un forro de tablas que cubren totalmente las paredes de la zanja. Esta tabla, que puede ser la denominada ripia, puede ir colocada tanto vertical como horizontalmente.

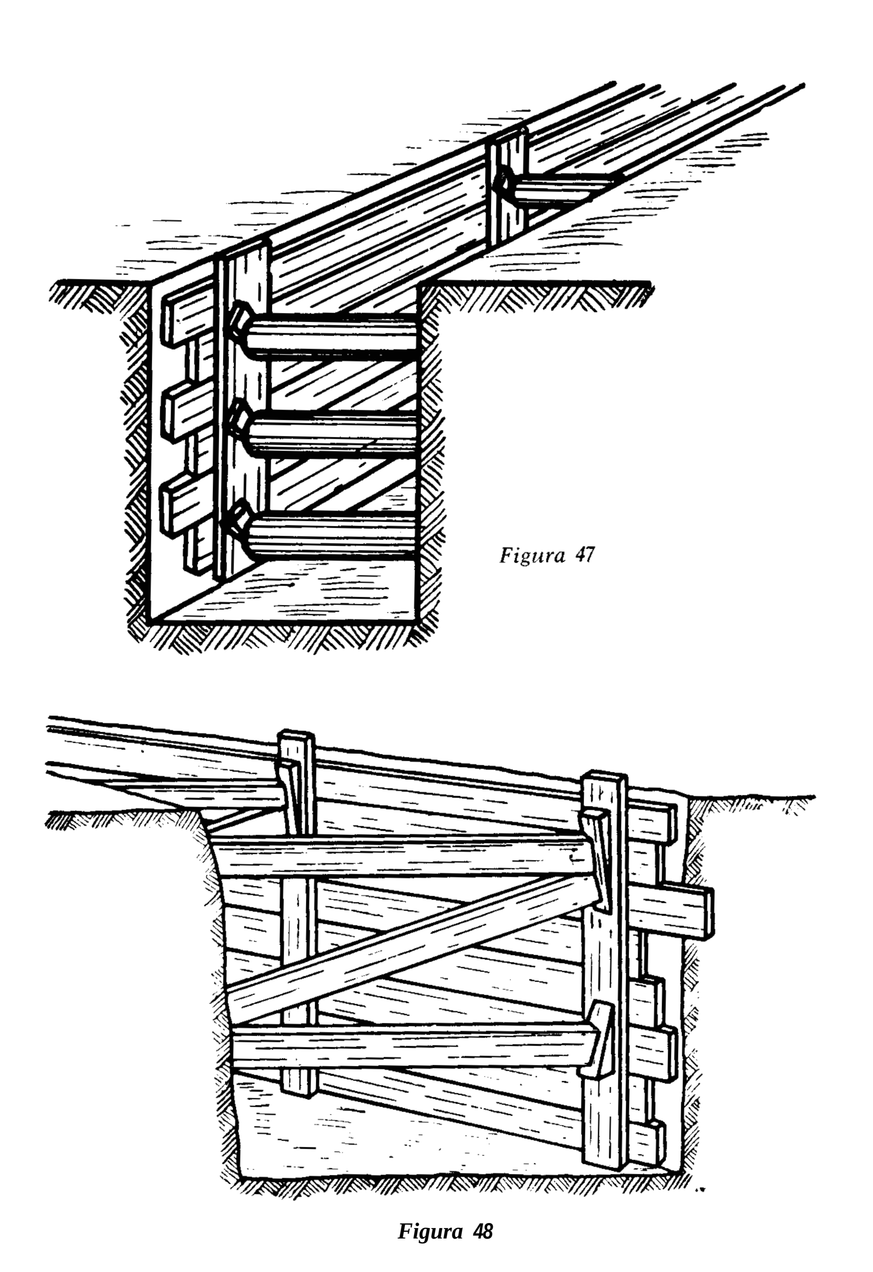


Figura 47

Figura 48

El sistema de acodalamiento de las figuras 47 y 48 se efectúa, en el primer caso (fig. 47) mediante unos codales sobre una alfarjia o tablón que distribuye la presión uniformemente por todas las tablas: y en el segundo se realiza por tablones que sustituyen a los codales.

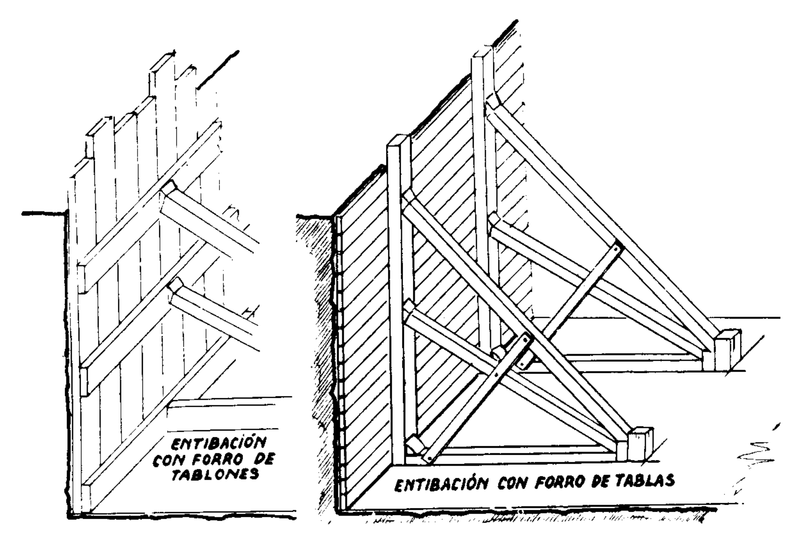


Figura 49

Las entibaciones de los vaciados difiere de los anteriores en que éstas no pueden realizarse por presión contra los dos paramentos verticales, ya que sólo existe uno, por lo que debían realizarse mediante tornapunras.

La entibación en este caso se realiza (fig. 49) con un forro de tablas o tablones disponiéndolas vertical u horizontalmente, según se trate de las primeras o de las segundas, unidas por una alfarjía. A cierta distancia se colocan unos tacos de madera hincados en el suelo, y entre éstos y las alfarjías se coloca el tornapunta. En la citada fig. 49 hay dos tornapuntas que son los que en realidad absorben el empuje de las tierras.

Esta entibación se desarma a medida que se va construyendo el muro, siendo conveniente dejar algunos huecos en el mismo para mantener algunas tornapuntas, hasta que el mismo tenga la altura y la rigidez necesaria para que su continuación no ofrezca peligro alguno.

Seguidamente presentaremos los tipos que para entibación de pozos se utiliza más corrientemente.

Para **pozos circulares** se realiza un forrado de tablas de la pared del pozo mediante tablas verticales y estrechas, las que permiten, más que las anchas, una mejor adaptación a la forma circular; estas tablas se sostienen mediante unos anillos extensibles de hierro (fig. 50).

Este sistema posee el inconveniente de que, como las tablas tendrán una longitud menor que la profundidad del pozo, el entibado quedará cortado y, por lo tanto, formará dos zonas, existiendo el peligro de que, al ser independiente una de otra, haya derrumbamientos. Esto puede evitarse no emparejando tablas de igual longitud, sino alternando unas más largas con

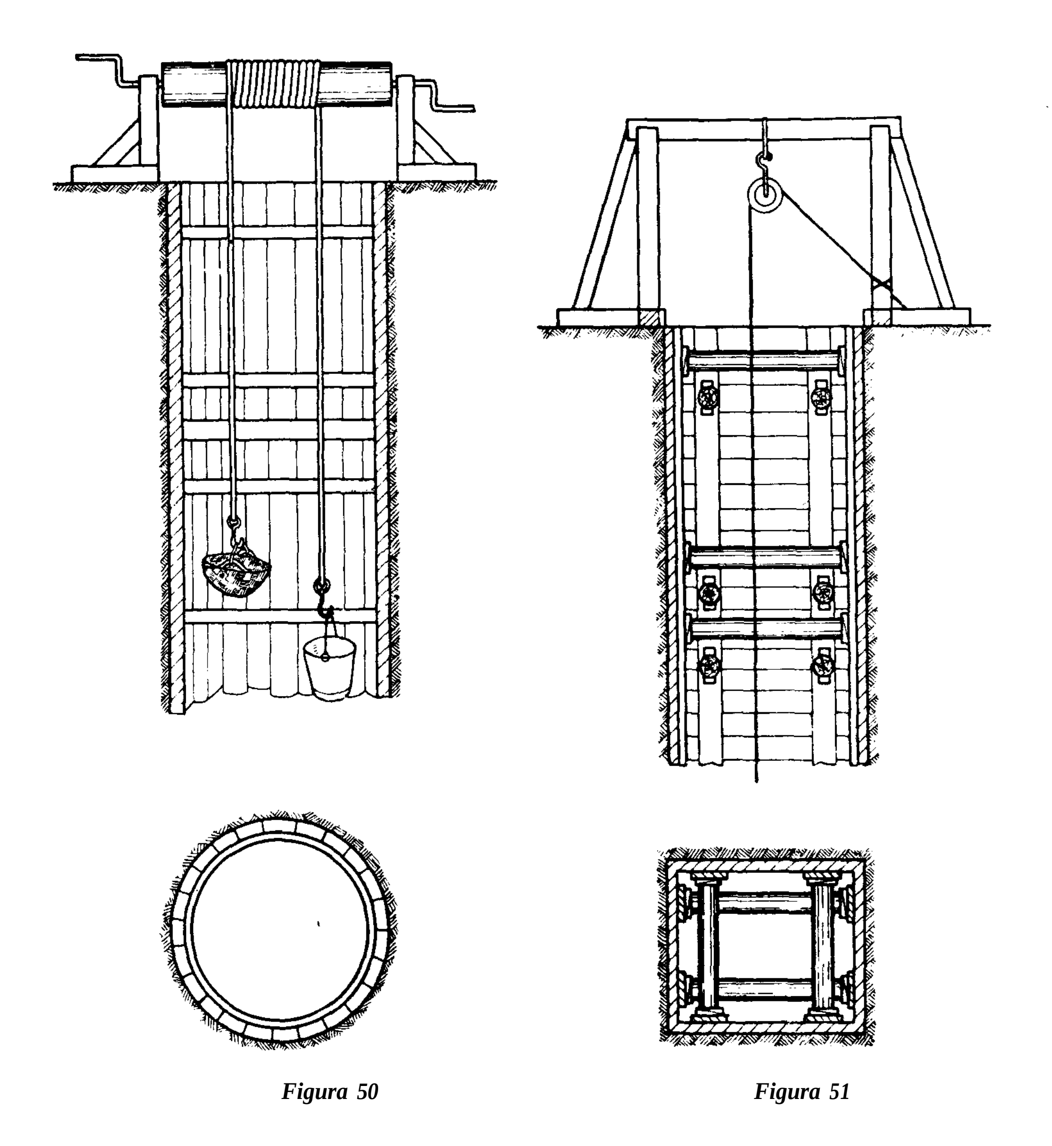


Figura 50 *Figura 51*

otras más cortas con el fin de presentar un entibado de superficie discontinua y que las zonas queden enlazadas entre si.

Las entibaciones de **pozos rectangulares** son más fáciles de realizar, ya que todo se reduce a un forrado de tablas, que se pueden disponer de manera horizontal o vertical, aconsejándose esta última por el ahorro de tabla

que supone el aserrado que sería necesario ejecutar en la primera, y un acodalamiento de rollizo que se fija mediante cuñas, tal y como se indica en la figura 51, que representan el alzado y la sección.

EXCAVACION DE POZOS PARA CIMIENTOS DE PILARES

La excavación de pozos .para pilares está sujeta a las mismas reglas que las preconizadas para la excavación de zanjas.

Los pozos formarán, una vez rellenos, lo que en construcción se denomina **cimentación aislada,** de la que ya hablaremos en el próximo capítulo, y es el lugar donde se exige más resistencia al terreno por la razón de que la carga será más concentrada, pues en una cimentación corrida, aquélla se reparte más uniformemente a todo su largo.

En una estructura de hormigón armado, el pozo para pilares adquiere una máxima importancia, ya que de él dependerá la estabilidad de todo el conjunto. Por poco importante que sea el edificio, tendrá como mínimo un metro de lado, siendo su profundidad la que de antemano hayan dictado los ensayos sobre la resistencia del terreno.

AGOTAMIENTOS

Es frecuente que al hacer una excavación más o menos profunda haga su presencia el agua. Esto sucede cuando se llega a una cota inferior del nivel freático, y es entonces cuando no sólo se hace necesaria su extracción, sino que la misma debe ser continua hasta que los orificios por donde pase el agua sean tapados convenientemente.

Uno de los procedimientos más utilizados es el agotamiento mediante bombas en caso de que las filtraciones sean pequeñas y fluyan de forma regular, en cuyo caso el agotamiento deberá ejecutarse sin interrupción alguna. Sin embargo, este método no es aconsejable cuando se trate de suelos de composición arenosa, pues si ésta es fina existe el peligro de que sea absorbida por la propiabomba, produciéndose una subpresión hidráulica, lo que puede dar lugar a la formación de arenas movedizas.

Si antes de proceder a la excavación o vaciado de un terreno para cimentación, de los sondeos preliminares sacamos la conclusión de que a cierto nivel del subsuelo existe agua que conviene extraer, se emplean los tubos sonda a que nos referimos, los que, en su parte interior, llevan para la protección de los orificios una tupida tela metálica que hace las veces de filtro; y en la parte superior, conectado al tubo de aspiración, una bomba de agotamiento.

Toda operación de agotamiento deberá ser vigilada, no sólo durante la construcción de la cimentación propiamente dicha, sino algún tiempo después.

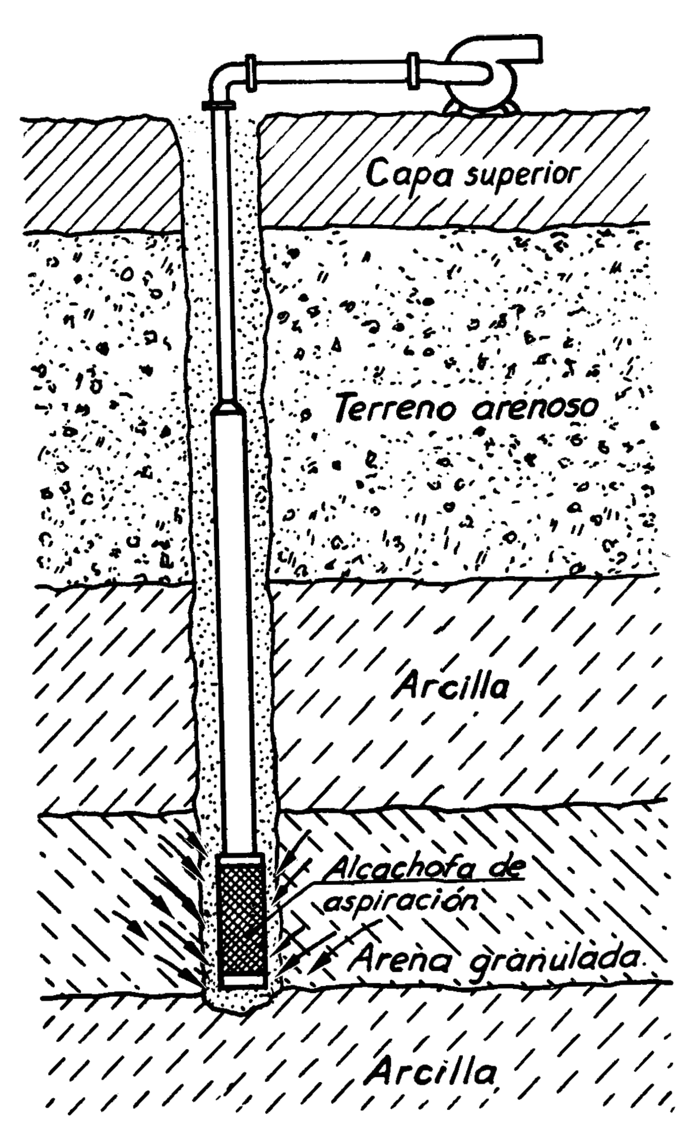

Capa superior
Terreno arenoso
Arcilla
Alcachofa de
aspiración
Arena granulada
Arcilla

Figura 52

Para sacar el agua es muy recomendable hacer un pozo de toma o sumidero, que se irá profundizando a medida que se continúa con la excavación (fig. 53), a cuyo lugar deberá ser dirigida el agua mediante pendientes apropiadas.

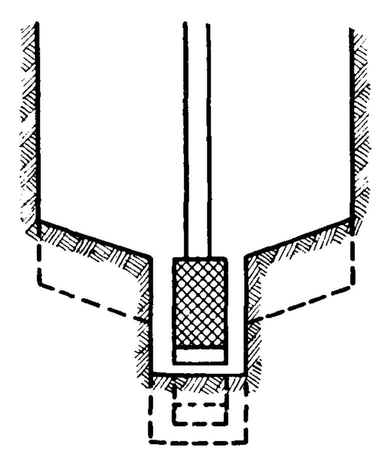


Figura 53

Una cuestión importante es elegir bien la situación de los pozos de agotamiento. El número de éstos variará con arreglo a la extensión e importancia de la obra y de las facilidades con que se cuente para la evacuación del agua. En cuanto a su situación, una norma general (salvo excepciones que teóricamente no son previsibles) son las esquinas o ángulos del edificio a construir. Los pozos deberán tener una sección de unos dos metros en cuadro por 1'20 de profundidad, aproximadamente, por debajo del nivel de los cimientos.

Para profundidades mayores de los 7 metros, que es prácticamente la altura máxima de operación de las bombas, se colocarán las mismas por debajo de la rasante del terreno y por encima de la capa freática. De este modo el agua llegará hasta la boca de descarga por efectos de impulsión, en cuyo punto se realiza el desagüe mediante zanjas o tuberías.

Las bombas más frecuentemente usadas son las de diafragma (figura 54), accionadas a mano o con motor, y las bombas centrífugas (figs. 55 Y **56).**

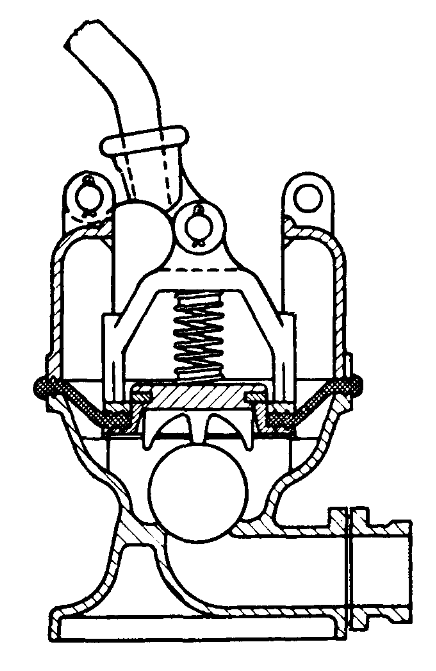


Figura 54

Indudablemente que la más aconsejable para esta clase de trabajo es la bomba centrífuga, cuyas dimensiones dependerán del volumen de agua a elevar. Suelen estar provistas de un tubo de succión extensible mediante prensaestopas, y provisto de una válvula de pie. El prensaestopas permite

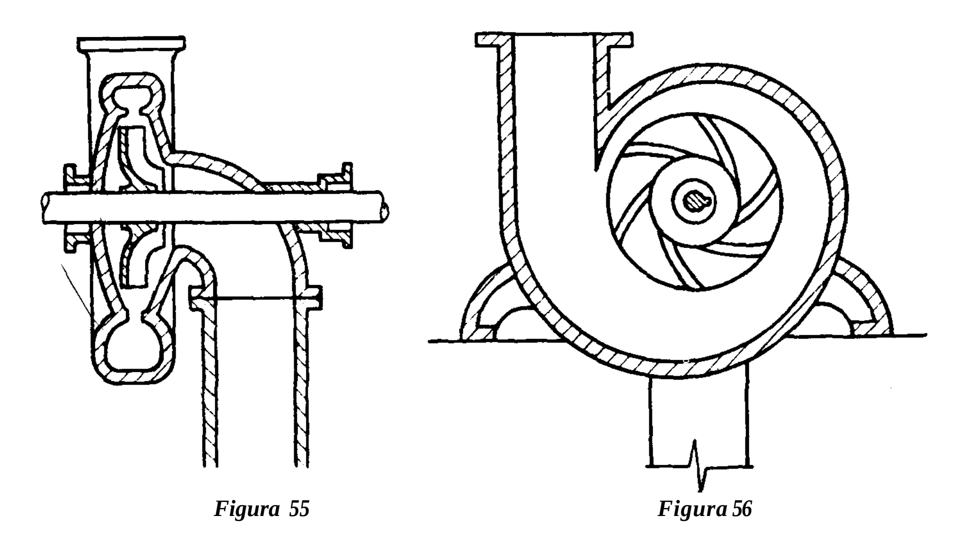


Figura 55 *Figura 56*

alargar el tubo de succión sin dificultad a medida que se va profundizando el pozo. Hay que disponer de las cadenas o cables necesarios para que, fijados estos amarres junto a la bomba, se pueda trasladar con alguna comodidad. Debe tenerse especial cuidado en que las juntas del tubo de succión sean perfectamente impermeables, para lo que se utilizarán anillos de goma.

Hay alguna ventaja en colocar la bomba algo desviada del pozo con objeto de que la boca de éste quede lo más despejada posible. Parte del rendimiento de la bomba se pierde por rozamiento del agua en los codos, pero la pérdida es menor que la utilidad que reportan. Los codos deben tener un radio lo más amplio posible. Las bombas centrífugas (como se ha dicho anteriormente) pueden elevar el agua hasta los 8 metros de altura, pero cuando dan su máximo rendimiento es en la comprendida entre los 2 y 2'50 metros.

MAQUINARIA PARA EXCAVAR ZANJAS

Azadón mecánico y zanjadoras

Aunque no es nuestra intención dar aquí noticias sobre la maquinaria empleada en construcción (1), señalaremos, por su elevado rendimiento práctico, dos tipos: el azadón mecánico y la zanjadora, cuyas descripciones hacemos seguidamente.

El **azadón mecánico** es una máquina para trabajar en movimiento de tierras a nivel inferior a su sustentación o ligeramente superior a ésta. Tiene

(1) Véase la monografía núm. 2 "La Maquinaria en la Construcción" de esta misma colección.

especial aplicación para hacer trincheras y zanjas, pues su brazo y la cuchara de que va provisto puede trabajar a **7** metros bajo su nivel de sustentación, y por encima de éste, 3 metros.

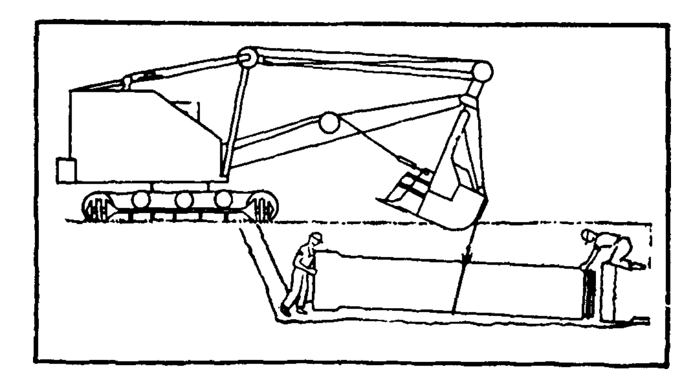


Figura 57

En la figura 57 puede verse la construcción de una zanja para tubería construida por un azadón; en la figura 58, una máquina de este tipo con entera movilidad montada sobre camión, y en la 59, un azadón mecánico remolcado por tractor, adecuado para pequeñas excavaciones.

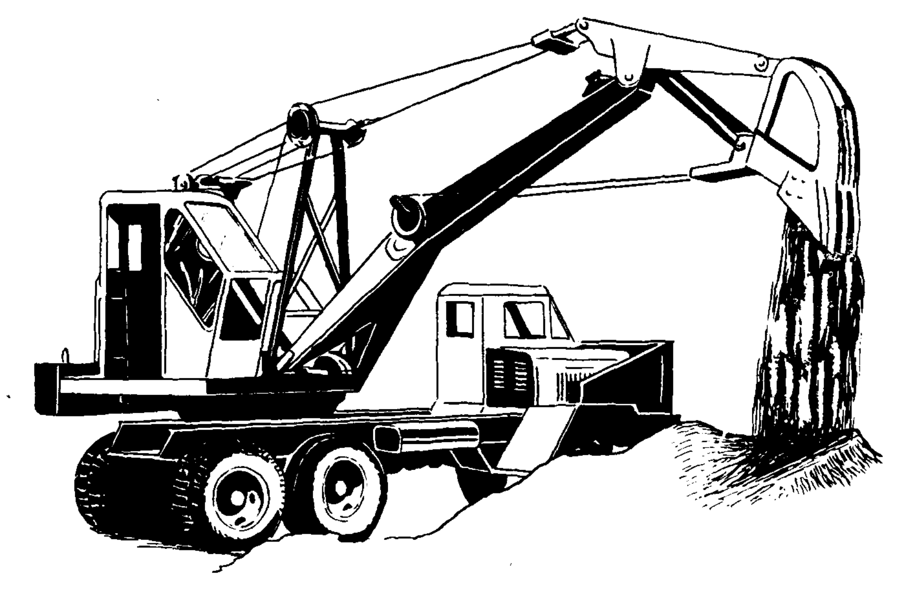


Figura 58

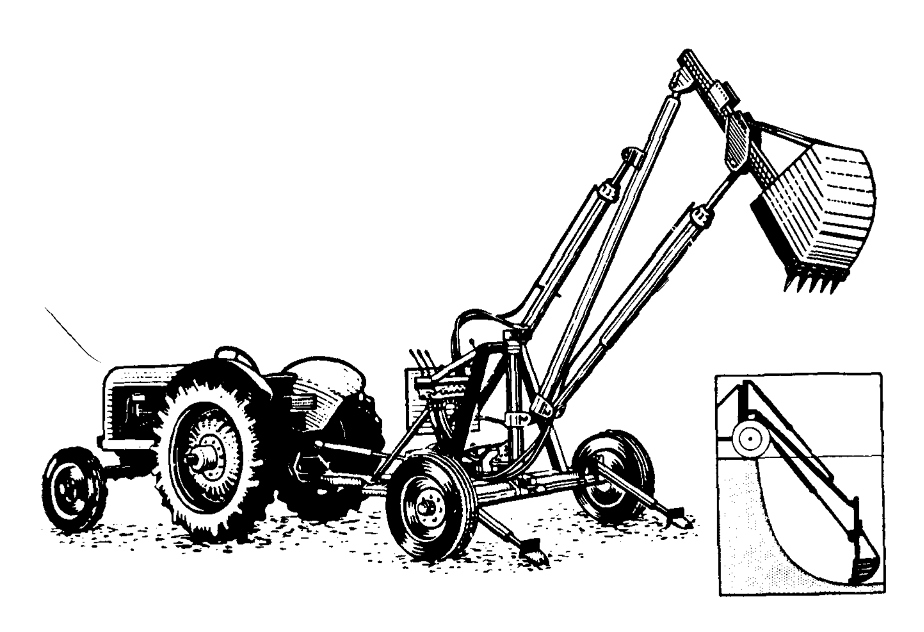


Figura 59

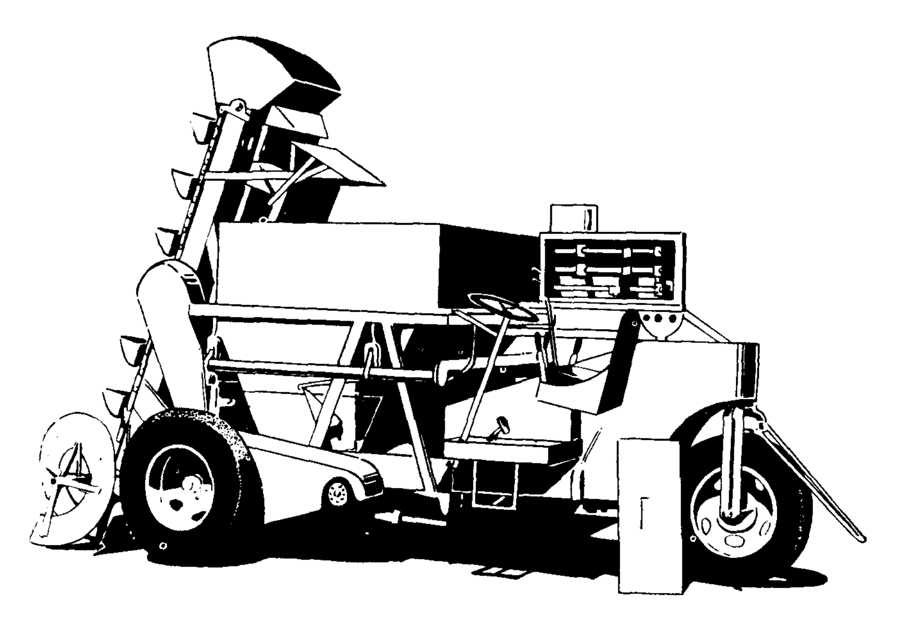


Figura 60

Las zanjadoras reciben también el nombre de trincheradoras, y son máquinas que arrancan tierra de forma regular, abriendo zanjas del ancho requerido para luego disponer, dentro de las zanjas, cimientos, conductos de tuberías de desagües, de cables de instalación eléctrica, etc.

Este tipo de máquina lo maneja un solo operario (igual que la anterior) y van excavando a la vez que avanzando en el trabajo. Su manejo es sencillo, como el de un tractor.

Los anchos y profundidades a realizar son variables, así las hay que excavan trincheras desde 40 a 150 cm de ancho y hasta 3'80 m de profundidad.

Están formadas por un aparato motor que actúa sobre una hilera con tinua de cangilones metálicos, los cuales pasan por un botalón telescópico, pudiendo excavar a razón de 2'50 metros longitudinales por minuto.

A este tipo corresponde la zanjadora de la figura 60. Hay también máquinas más pequeñas, igualmente en forma de rosario los cangilones, y montadas sobre carriles. Estas excavan en un ancho máximo de 90 cm y una profundidad de 2'50 metros.

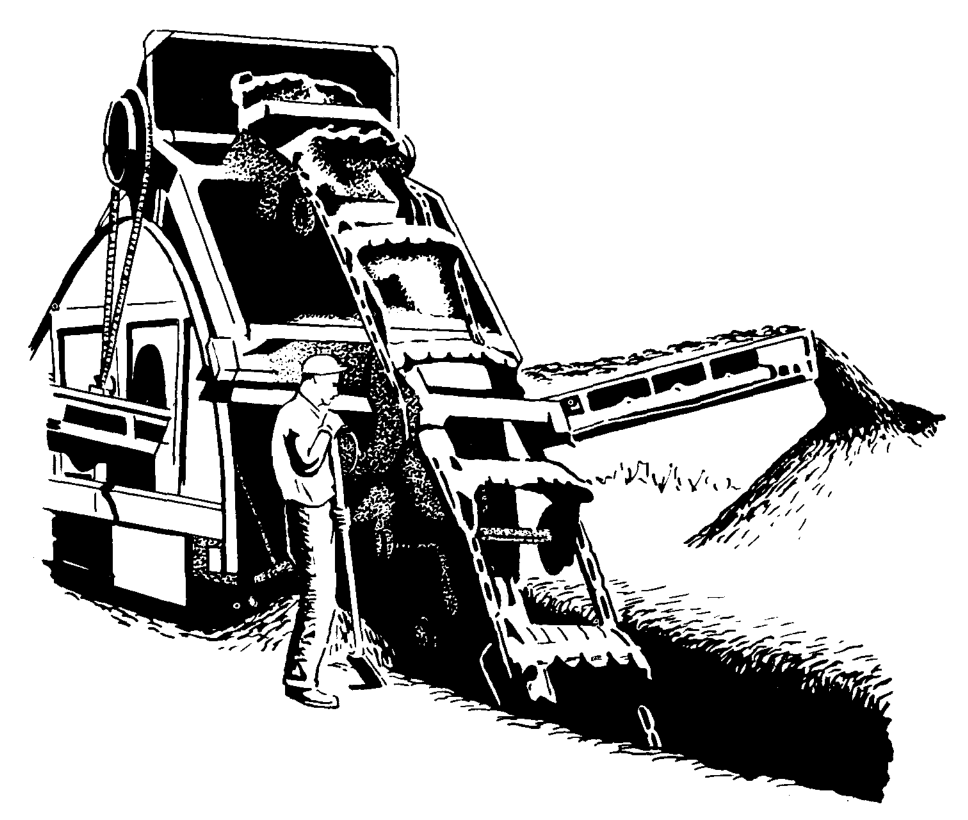


Figura 61

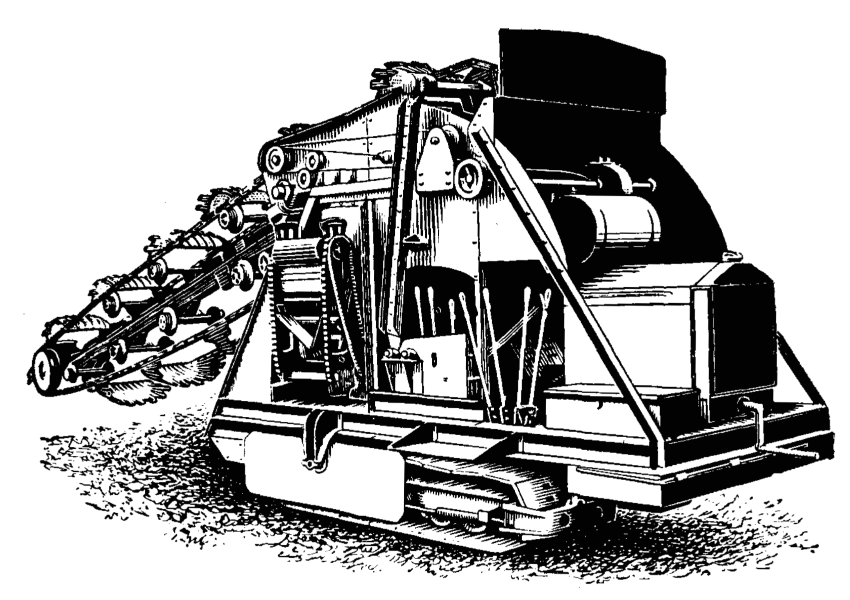


Figura 62

Las zanjadoras gigantes pueden excavar 2'60 m de ancho a 5 m de profundidad.

El rosario va inclinado (aun cuando también pueden realizar cortes verticales), transportando la tierra movida hacia arriba, para descargar a un lado sobre la orilla de la zanja abierta e incluso directamente, si el material no va a ser aprovechado nuevamente, sobre camiones de transporte (figuras 61 y **62).**

III. Construcción de los cimientos

MATERIALES CON QUE SE PUEDEN CONSTRUIR LOS CIMIENTOS

Los materiales con que se pueden construir los cimientos dependen, en gran parte, del grado higrométrico del terreno y la mayor o menor facilidad que el mismo tenga para absorber el agua meteórica. Los tipos de cimentación hasta ahora conocidos, aparte del pilotaje que señalaremos o estudiaremos en capítulo aparte, son:

a) de mampostería
b) de mampostería hormigonada
c) de hormigón ciclópeo
d) de hormigón en masa
e) de hormigón armado
f) de ladrillo
g) de piezas prefabricadas

CIMIENTOS DE MAMPOSTERIA

La piedra, es el elemento más generalizado no solamente en el ambiente rural, sino también en el urbano, donde es fácil observar cómo las fundaciones se resuelven con material pétreo.

Pero no toda la piedra es apta para la construcción de cimientos y es conveniente que antes de elegirla se realice un ensayo previo, el que y en principio, nos dará a conocer si resiste bien a la intemperie y no es heladiza, reconociéndose prácticamente estos extremos si ha aguantado bien el aire libre, uno o dos inviernos.

Tampoco deben emplearse piedras que estén aglomeradas con óxido de manganeso o hierro, ya que no resistirían al aire. Los esquisitos pizarrosos y piedras que al golpe se parten en lajas, no deben emplearse, pues son piedras en que la humedad puede penetrar fácilmente. En cuanto a las piedras que absorben agua o tienden a disgregarse por las heladas, deben desecharse por completo.

Una excelente piedra de construcción, es aquella que no tiene grietas ni oquedades y en cuya rugosa superficie se adhiere mejor el material de

agarre, cosa que no ocurre con las de superficie lisa, que siempre estarán expuestas al deslizamiento.

En la tabla 7 puede verse algunas características técnicas de las piedras más utilizadas.

COEFICIENTE DE TRABAJO DE LA PIEDRA PARA CIMIENTOS TABLA 7

Piedras	Peso específico Kg/m3	Coeficiente de trabajo Kg/cm2
Sillería de granito	2.600 a 2.900	40 a 50
Sillería de arenisca	1.800 a 2.500	20 a 25
Sillería de caliza dura	2.000 a 2.500	12 a 15
Sillería de caliza blanda	1.600 a 2.000	5 a 8
Mampostería de piedra molar	1.200 a 1.500	6 a 8
Mampostería de granito	2.200 a 2.500	10 a 15
Mampostería de caliza (húmeda)	2.300 a 2.500	6 a 8
Mampostería de caliza (seca)	2.200 a 2.400	8 a 10
Pizarra	2.600 a 2.900	
Esquisto	2.700 a 2.900	

Puede suceder que la piedra que utilicemos para la cimentación no esté clasificada en los anteriores grupos y se ignore, por tanto, su comportamiento ante la carga del edificio que deberá soportar. Lo más racional sería enviar muestras a un laboratorio de Ensayos de Materiales, para con el resultado obrar en consecuencia.

Pero esto, que sería tan sencillo, en la práctica no se suele hacer, salvo en algún caso aislado. En el mejor de los casos nos limitamos a reconocer la dureza de una piedra golpeándola con la maceta, de cuyo sonido observamos que si es hueco, sordo, la piedra es blanda mientras que, si el sonido es agudo, metálico, la piedra es dura. También reconoceremos la calidad de una piedra rompiéndola y viendo sus fragmentos: si éstos se presentan con aristas vivas propicias al corte, es dura y si estas aristas se presentan sin filo o con el canto romo, la piedra es blanda.

De todas formas cualquier procedimiento será dudoso si, como decíamos antes, no se recurre a un laboratorio adecuado, que es quien en definitiva nos podrá dar la resistencia por centímetro cuadrado de una piedra con arreglo a su naturaleza.

MANERA DE CONSTRUIR LOS CIMIENTOS: DE MAMPOSTERIA, DE LADRILLO; CAPA DE ARENA EN EL FONDO

En principio, por ser buenos conductores de humedad, descontaremos para material de agarre los morteros de yeso y cal, aunque este último sea

discutible, y utilizaremos el de mortero de cemento portland y, sin inconveniente el de cemento natural y cal hidráulica cuya dosificación variará según la humedad del terreno y su más o menos facilidad en absorber las aguas pluviales. Para terreno seco impermeable bastará con la dosificación 1:6, pero si el terreno es húmedo o absorbe con facilidad, el agua de lluvia y no se disponen barreras anticapilares, convendrá rebajar la arena para que el mortero resulte más impermeable. Esto en cuanto a terrenos corrientes que de los anegados, ya trataremos más adelante.

Construir una cimentación de mampostería, equivale, en todos sus aspectos, a construir una pared por el mismo sistema, para la que se observará y aún se acentuarán las reglas que para las mismas se usan. En la figura **63** presentamos un relleno defectuoso de mampostería ordinaria donde con línea de trazos hemos destacado la posibilidad de dos juntas si la piedra no es convenientemente aparejada, llamándose aparejo a la disposición en cuanto a trabazón de las piedras o mampuestos, procurando que sus hilados monten una sobre otra de manera que la superior mate la junta de la inferior (fig. 64).

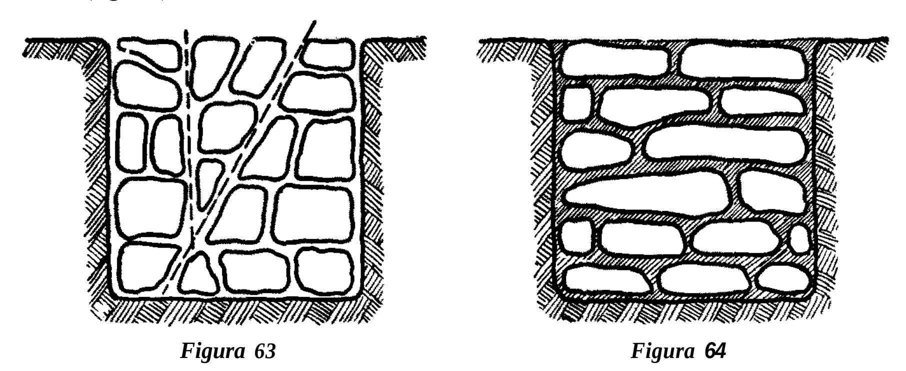


Figura 63 ***Figura 64***

Si el terreno es sensiblemente horizontal, se rellenará el cimiento hasta su rasante. Pero si la nivelación no está hecha, convendrá enrasar a unos 10 centímetros más bajo que el terreno con el fin de que, al efectuar la nivelación del muro, no haya necesidad de demoler parte de la cimentación por haber quedado ésta más elevada y luego constituya un estorbo para aceras, calles, etc.

CAPA DE ARENA EN EL FONDO

Recordamos que, con frecuencia, y una vez excavada la zanja de cimentación, ha surgido siempre el problema de cómo debería iniciarse esta cimentación. Queremos decir que si, por ejemplo, se trataba de un cimiento de mampostería, que es lo que en contacto con el terreno deberá ir: si una hilada de piedra en seco o un tendel de mortero. Las dos soluciones dejan que desear, pues al dejar y precisamente en la base piedras sin recibir, és-

tas quedarían sueltas y por muy bien que se macizaran con ripio siempre quedarían coqueras no muy interesantes desde el punto de vista constructivo; la segunda solución parece más racional pero presenta el inconveniente de que el tendel, al ser extendido con la paleta, ésta arrastraría tierra, que al confundirse con el mortero, le hará perder mucho de su resistencia mecánica. Para soslayar estos inconvenientes, creemos que lo más práctico es verter en el fondo una capa de arena seca de unos 10 cm de espesor convenientemente apisonada y, a renglón seguido, elevar el tendel o el hormigón para después continuar con piedras, ladrillo o simplemente hormigón según se trata del cimiento que deseamos construir.

ClMlENTOS DE MAMPOSTERIA HORMIGONADA

La cimentación resuelta con mampostería hormigonada constituye una derivación de la anterior con la diferencia de que, en vez de utilizar el mortero como material de agarre, se utiliza el hormigón.

La piedra se dispondrá en hiladas horizontales. En cuanto al vertido del hormigón, podremos decir que colocada la primera hilada de piedra se recubrirá con una capa de hormigón que será apisonada con todo vigor, a **fin** de que «la grasa" se introduzca por todas las juntas que pudieran quedar.

La mampostería hormigonada se realiza mediante banquetas escalonada para dar lugar (fig. ***65),*** a que la piedra sea colocada como si se tratara de mampostería.

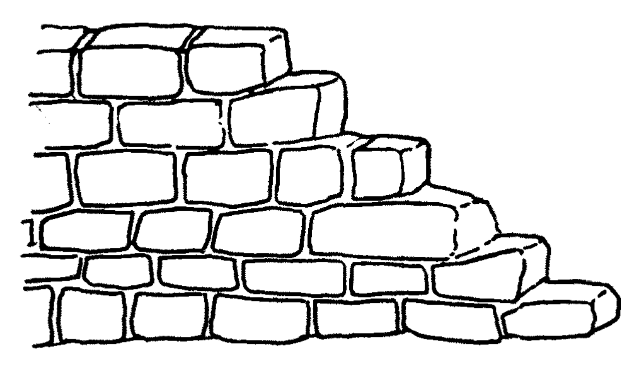


***Figura* 55**

Este trabajo tiene 4 importantes fases:

1 . ª Al comenzar la cimentación, se echará en el firme la primera tongada de hormigón, que un peón, calzado con botas de goma y provisto de un rastrillo repartira a lo largo de la zanja de forma que venga a quedar de unos 10 cm de espesor.

2." **El** oficial, provisto de paleta sentará la primera hilada de piedra, calzándola lo suficiente con el mismo hormigón de la zanja, cuidando espe-

cialmente de que ninguna zona de su asiento quede en falso o con alguna oquedad.

3.ª Posteriormente se volverá a echar otra tongada de hormigón equivalente a la primera, en cuanto a espesor, que será igualmente repartida por el mismo procedimiento aprisionando después.

4." Volverá a ponerse otra hilada de piedra, pero esta vez retranqueada 50 ó **60** cm con el fin de presentar un buen enlace cuando se continúe el trabajo; y así sucesivamente hasta su coronación procurando hacerla coincidir con hormigón, cuya superficie se dejará a «paso reglan, o sea sin rematar, para que luego el mortero de arranque de los muros «haga clavo" en las rugosidades; obteniéndose con esto una más íntima unión entre cimentación y paredes.

CIMIENTOS CON HORMIGON CICLOPEO

También se utiliza, sobre todo en grandes macizos, el hormigón ciclópeo. Tiene la ventaja sobre los anteriores de que resulta algo más barato al eliminar la mano de obra del oficial u oficiales, ya que para la confección y puesta en obra del hormigón ciclópeo, no se requiere especialización alguna, bastando, por tanto, los obreros con la categoría de peones.

El hormigón ciclópeo es muy parecido a la mampostería hormigonada y en rigor deben observarse casi las mismas precauciones, con la sola diferencia de que en la primera debe colocarse la piedra como si se tratara de una pared. En el hormigón ciclópeo, la piedra puede ser más pequeña y ser tirada por el obrero desde lo alto de la zanja y siempre que las capas de piedra y hormigón, se lleven alternadas, es decir, tongada de hormigón con tongada de piedra, procurando que no se amontone la piedra ni roce con la pared de la zanja. Es decir que la piedra debe ir totalmente envuelta en hormigón pues en caso contrario se produciría la coquera; la terrible coquera de la que hay que huir a toda costa.

CIMIENTOS CON HORMIGON EN MASA

Este tipo de cimentación es el más generalizado cuando las condiciones del terreno lo permiten; es también el que menos complicación tiene y el más rápido en su ejecución, máxime si se dispone de una hormigonera corriente de **250** litros, accionada con motor eléctrico de **220** voltios o con motor de gasolina.

RECONOCIMIENTO DE LOS ARIDOS QUE FORMAN EL HORMIGON

Los áridos que intervienen en la formación de morteros y hormigones deben tener ciertas características en cuanto a granulometría y limpieza de limos o arcillas.

En la obra se reconocen las arenas tomando un puñado y estrujándolo en la mano. Si mancha y no cruje, será una arena deficiente; pero si ésta deja **la**

mano limpia y cruje ásperamente, la admitiremos sin más averiguaciones. También se puede echar un puñado de arena en agua limpia, que quedará más o menos turbia según contenga más o menos impurezas.

Pero estos reconocimientos de tipo práctico, no nos llevan al resultado final de conocer exactamente cuando un árido es apto o no para su empleo. Y ante la duda no nos quedará otro remedio que investigar químicamente su composición, lo que en la práctica, al no tratarse de un caso especial, se pasa por alto, quizá por el retraso que en la obra suponen todas estas gestiones, de no haberlas previsto antes de su comienzo.

En las normas españolas se prohíbe el empleo de áridos con un contenido de arcilla superior al 3 por 100 en peso.

Vamos a describir primeramente un ensayo de arenas a pie de obra.

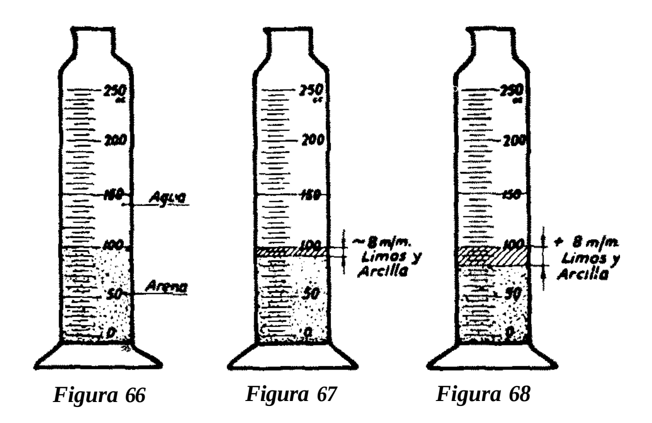


Figura 66 *Figura 67* *Figura 68*

Para ello se toma una probeta de cristal o de plástico de 250 centímetros cúbicos (fig. 66).

De la muestra representativa de la arena a ensayar se toma una determinada porción que se pasa por un tamiz y de la parte tamizada se echa en la probeta la cantidad necesaria para alcanzar en ella la división100. A continuación se agrega agua hasta la división 150 y tapando la probeta con la mano, o mejor aún con un tapón de goma, se agita vigorosamente durante tres minutos.

Se deja sedimentar en reposo completo durante una hora y al cabo de este tiempo se observará en la probeta tres zonas:

La inferior estará constituida por la arena que ya se habrá depositado.

Una zona intermedia constituida por la sedimentación de limos y arcillas; y

Una tercera zona de agua transparente o casi transparente.

Si la zona ocupada por la sedimentación de arcilla es decir, la intermedia, mide menos de 8 mm (fig. 67) la arena es totalmente utilizable, siendo tanto más limpia cuanto menor sea esta zona.

Si esta zona tiene exactamente 8 mm, la arena tendrá el ya prohibido 3 por 100 de arcilla, por tanto se deberá lavar, si ello es enconómicamente posible, o desechar en caso contrario.

No hay que decir que si la zona fuese superior a 8 mm (figura 68) es que pasa del **3** por 100, tanto más cuanto más amplia sea esta zona.

Determinación de la materia orgánica existente en un árido

Uno de los principales enemigos de un mortero o de un hormigón es la materia orgánica, hasta tal punto que ésta puede llegar a impedir que el hormigón frague o, en el mejor de los casos, reducirá su resistencia mecánica haciéndole más atacable por los agentes atmosféricos y reduciendo en mayor o menor cantidad su durabilidad.

El que una arena o un árido manche los dedos, no es prueba suficiente para desecharla, bien es verdad que la mayor parte de las veces será así, pero es necesario cerciorarse bien, sobre todo, cuando obtener una buena arena de miga o de río resulte caro.

Para analizar un árido desde este punto de vista, se sigue el procedimiento de Duff Abrams.

Primeramente disolveremos completamente 15 gramos de sosa (hidróxido sódico) de buena calidad, en medio litro de agua. Conviene emplear una disolución recientemente hecha, ya que si lleva mucho tiempo preparada podría estar impuriticada y falsearnos los resultados.

A continuación pondremos en una probeta graduada de 300 centímetros cúbicos, árido hasta la división 15, añadiendo la disolución anterior hasta la división 200. Seguidamente se tapa la probeta con tapón de goma o cristal y se agita vigorosamente unos minutos, dejándola a continuación en reposo.

Transcurridas 24 horas de reposo, se observa el color del líquido existente encima de la arena de acuerdo con las siguientes características:

Arido bueno para todo: líquido transparente o ligeramente amarillo.

Arido bueno sólo para trabajos que no sean delicados: líquido anaranjado.

Arido malo, pero utilizable en trabajos secundarios líquido color pardusco.

Arido rechazable totalmente: líquido casi negruzco.

No demos, pues, más palos de ciego con respecto a la determinación de un árido y enfoquemos las cosas, desde su principio con un punto de vista más objetivo y más eficiente, ya que, unas horas perdidas (y que para estos ensayos se puede aprovechar la transición entre excavación y preparación de hormigonado) no significan nada si ello nos puede reportar una gran tranquilidad eliminando, en un principio, muchas preocupaciones con respecto al comportamiento de los áridos, material básico, por el momento en la construcción de edificios.

Para las cimentaciones de hormigón en masa no es recomendable, económicamente, construirlas con dosificaciones que pasen de los 200 **kilos** de

cemento por m^3 de hormigón; en la práctica el más utilizado es el de 150 y en algún caso, el aludido de 200.

CONFECCION DEL HORMIGON A MANO

El hormigón, como todo el mundo sabe, es una mezcla de cemento, grava y arena, cuya dosificación varía según el fin a que se destine. Los cementos a utilizar son los de fraguado lento y, a ser posible, los denominados cementos artificiales Portland, aunque en cimentaciones de no mucha envergadura, pueden utilizarse los naturales. Pero lo que sí discutiremos son los de fraguado rápido por la razón de que como todo hormigón necesita un apisonado y éste lleva algún tiempo, aquél fraguaría antes de comenzar tal operación.

A continuación presentamos en la tabla 8 las dosificaciones más comúnmente usadas en fundaciones de edificios, indicando en las primeras columnas la proporción en volumen; y en la cuarta los kilos de cemento que entran en tal proporción por m3 de hormigón y en la última, sus aplicaciones.

APLICACIONES DEL HORMIGON EN CIMIENTOS **TABLA 8**

Cemento	Arena	Grava	Kg de cemento por m3	Aplicaciones
1	1'50	3	400	Hormigón armado
1	2	4	300	Cimentación de máquinas
1	3	6	200	Cimientos de alguna importancia
1	4	8	150	Cimientos ordinarios

Relación agua-cemento

En la confección del hormigón, la relación agua-cemento es de vital importancia, ya que un exceso de aquélla resta un poco su resistencia mecánica, lo que hace necesario contratar a obreros y capataces con cierta responsabilidad moral, pues hemos visto muchas veces cómo éstos, llevados de su tendencia a reducir el trabajo, de apisonado, procuran añadir al hormigón la mayor cantidad de agua posible y se impone la necesidad de que el hormigón sea trabajado convenientemente cuando no son muy manejables por excesivamente secos.

Una prueba práctica de la relación agua-cemento, la obtendremos fácilmente de la manera siguiente. Si al tomar un poco de hormigón y oprimirlo con la mano, se forma una bola y rezume ligeramente y conserva su forma al soltarla, puede admitirse que la cantidad de agua es la conveniente.

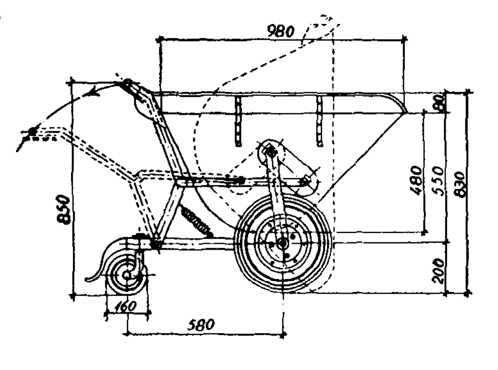
A no ser en obras pequeñas o de escasa importancia, en la actualidad no se hace el hormigón a mano, pero como esta práctica se sigue utilizando especialmente en el ambiente rural, daremos aquí algunas normas al efecto:

Sobre una pastera confeccionada con tablas o sobre una chapa, vamos volcando ordenadamente y con arreglo a la dosificación del hormigón que queremos realizar, los áridos y el cemento en seco. Este montón se volverá, como mínimo, tres veces al objeto de que el cemento se mezcle íntimamente con los áridos, cosa que reconoceremos cuando el montón haya tomado un color gris uniforme. Realizando esto se irá volteando, al mismo tiempo que otro obrero eche agua en pequeñas dosis; hasta conseguir la pastosidad común del hormigón y que reconoceremos mediante la prueba ya indicada.

Las normas alemanas prescriben que para el volteo en seco, se mezclará separadamente la arena con el cemento y luego al montón resultante se le adicionará la grava, con lo que ya todo junto se procederá a nuevos volteos. Esto es comprensible, pues si el secreto de un buen hormigón es el que el cemento se confunda y mezcle uniformemente cuando más volteos en seco se den mayor será esta uniformidad.

CONFECCION MANUAL DEL HORMIGON EN CUBETAS ESPECIALES

Uno de los procedimientos que simplifica extraordinariamente la puesta en obra o el volcado del hormigón en zanjas, pozos de cimentación, etc., es la confección del mismo en cubetas especiales (fig. **69),** en donde puede hacerse el hormigón sin más operaciones auxiliares que, como decimos antes, su puesta en obra, lo cual facilita la forma cóncava del sistema que estudiamos. Mezclados a mano todos los elementos que integran el hormigón no es necesario transportarlo a lugar alguno, ya que con un simple impulso, la cubeta bascula, pudiendo terminarse la operación mediante una batidera de palo largo, si es que en el primer impulso no haya volcado todo y hubiera quedado dentro del aparato restos del material.



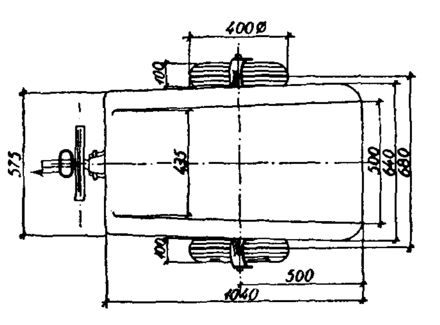


Figura 69

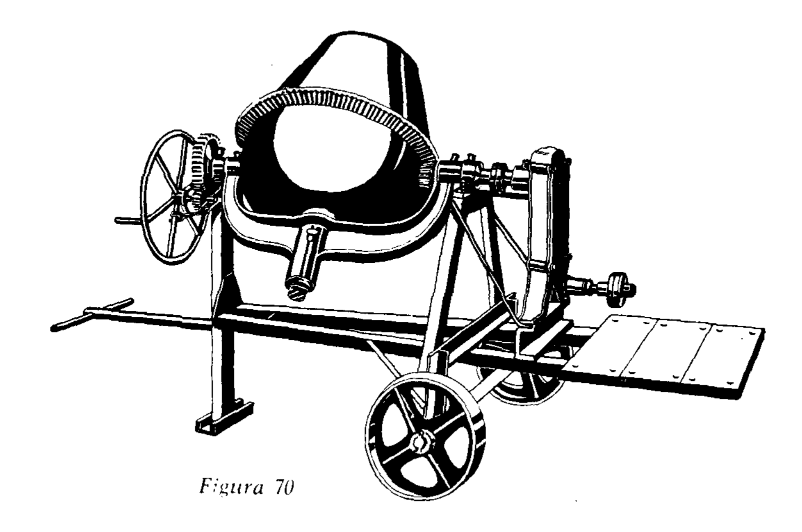
CONFECCION MECANICA DEL HORMIGON

Pero hoy en día y debido también a las amplias facilidades que las casas constructoras de material auxiliar para obras, conceden, es fácil que cual-

quier contratista de obras, por modesto que sea, posea una hormigonera con la que, no sólo se consigue que el esfuerzo humano sea menor al confeccionar el hormigón, sino que su rendimiento es mucho mayor.

Hay varios sistemas de hormigoneras: desde las más sencillas, hasta el complicado castillete; pero las más usuales son los dos modelos que presentamosa continuación:

Hormigonera de bombo oscilante: La figura 70 representa una hormigonera de este tipo, que suele ser de tamaño pequeño para no más de medio saco de cemento. Como observará el lector en la figura, va dispuesta para motor, indicándose la plataforma del mismo, ya que a estas hormigueras se las puede adoptar, indistintamente, bien un motor eléctrico o uno de gasolina.


Figura 70

Las características técnicas de esta hormigonera son:

Capacidad del tambor, 160 litros.

Rendimiento, 3 a 4 m3 por hora.

Potencia del motor, 2 CV.

Peso propio de la máquina, incluyendo el carro de transporte, 450 Kg.

La mezcla del hormigón es debido a que el tambor donde van alojados los materiales lleva dispuestos unas palas fijas, las que, al girar, mezclan los componentes del hormigón, mezcla que será más completa cuando más rápidamente se consiga remover los materiales mediante el movimiento reseñado.

El tiempo de amasado coiitado desde que ha terminado de cargarse el tambor hasta la descarga de éste, viene determinado por la velocidad de la máquina y el volumen del material que interesa mezclar. La velocidad del

tambor (velocidad óptima, es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del diámetro del tambor), por ello, la duración de la mezcla debe ser, en hormigonera de eje vertical (basculante del tambor) de **30** segundos en un tambor de un metro de diámetro. Y en hormigoneras de eje horizontal, 90 segundos con tambor también de un metro de diámetro. En hormigoneras de eje inclinado, **120** segundos con una cubeta de un metro de diámetro.

Hormigoneras **fijas de** tambor giratorio: Estas hormigoneras llevan una tabla junto a la estructura de la máquina para recibir los materiales, canal inclinable con doble mando para descargar y depósito dosificador de agua.

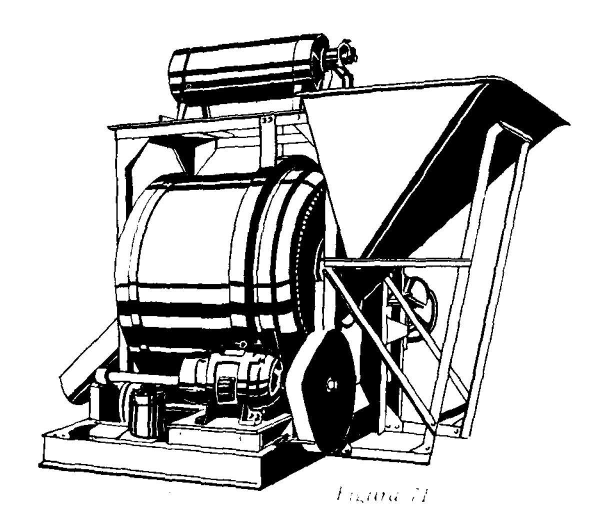


Figura 71

La figura 71 corresponde a una hormigonera del tipo que describimos. Se construye de diversos tamaños según capacidad del tambor.

Estas máquinas son para obras de importancia, por su capacidad y rendimiento, proporcionando grandes masas de hormigón con regularidad.

Es muy importante que para confeccionar el hormigón en la hormigonera, se echen en ella los diferentes elementos siguiendo exactamente este orden:

1.º Agua. **2.**" Cemento. **3.**" Arena. **4.º** Grava.

Ya que, de no hacerlo así, el hormigón no saldría homogéneo y habría zonas en las que sobraría de un material y faltaría de otro.

Sobre todo hay que tener especial cuidado en echar el agua primero y su medida exacta, pues se ha dado el caso de que al adicionar agua, el hor-

migón ha salido bueno en su parte superior, quedando, en el fondo, completamente seco.

Esto es fácil de comprender si se observa el trabajo de una hormigonera y la función de sus palas interiores, las que tienen por objeto impeler hacia arriba los elementos menos pesados consiguiendo confundir y mezclar todos los elementos uniformemente.

PUESTA EN OBRA DEL HORMIGON

El hormigonado o puesta en obra del hormigón, lo llamaremos hablando de cimentación, relleno **de** zanjas. Consta de dos fases: E1 transporte desde el lugar de su confección y el lanzamiento propiamente dicho. El transporte puede hacerse mediante carretillas y, si se trata de obras de mucha importancia, mediante trenes de hormigonar, castilletes de distribución o cintas transportadoras. El lanzamiento tiene como remate el apisonado del hormigón, que se realiza mediante pistones, generalmente de hierro.

Nos ha dado siempre un resultado práctico, consiguiéndose notables aumentos en el rendimiento del trabajo, volcar el hormigón directamente en las zanjas mediante una tolva de madera o chapa realizada al efecto (figura **72)** y, sobre todo, para grandes extensiones a hormigonar, si se dispone de hormigoneras accionadas con motor a gasolina porque permiten un largo desplazamiento de los tendidos eléctricos.

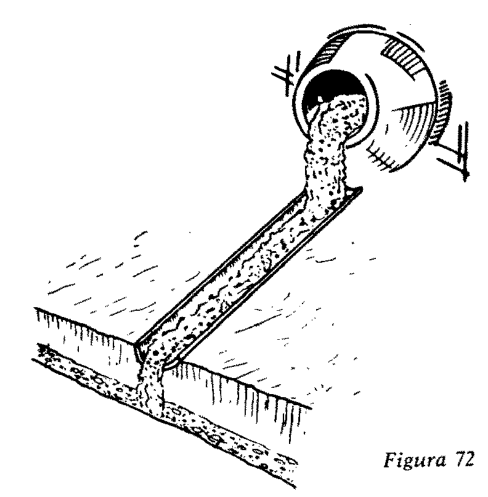


Figura 72

MECHINALES

Pero antes de echar en las zanjas las primeras tongadas de hormigón, se replanteará con sumo cuidado el lugar en que hayan de ir situados los conductos para aguas residuales, así como su altura.

Esto tiene por objeto el prever antes del mezclado de cualquier tipo de cimentación, no la colocación de los tubos, sino los huecos por donde han de introducirse los mismos, ya que, de otra manera, sería forzoso perforar la cimentación, lo que significaría un costoso trabajo además de la forzosa vibración producida por el mazo y el puntero, cosa no muy recomendable.

Estos mechinales pueden dejarse sin perjuicio para el cemento de las dos formas siguientes:

a) de madera
b) de yeso.

Los de madera no son más que un pequeño encofrado realizado mediante cuatro tablas clavadas por sus extremos y fijados en la masa de hormigón mediante el mismo. Estos tienen el inconveniente de que, si el cimiento o la situación de los mismos es profunda, costará trabajo recuperar las tablas, por lo que nosotros siempre hemos preferido los de yeso.

Con yeso corriente, se hace un macizo cilíndrico con diámetro un par de centímetros mayor que lo que luego tenga el tubo y de igual longitud que el ancho del cemento. Una vez fraguado y endurecido el yeso se coloca en sentido transversal a la zanja y en el lugar indicado por los planos, y se hormigona tranquilamente, para después cuando convenga, perforar fácilmente, con cualquier herramienta puntiaguda, este yeso. Lo que se conseguirá a los pocos momentos, teniendo el conducto perfectamente logrado. El que recomendamos que se haga un par de centímetros mayor que el tubo, es con el fin de contar con la holgura necesaria para introducir cómodamente después los conductos.

UNIONES DE HORMIGON INTERRUMPIDAS

Ocurre diariamente que en el relleno de zanjas, bien por terminación de jornada de trabajo, o bien por traslado de tajo, etc., se interrumpe la construcción de un cimiento, que no obstante y pasada esta circunstancia transitoria será necesario continuar. Para ello, a fin de establecer en lo posible su continuidad monolítica, esta interrupción no se dejará con el talud natural que forma el hormigón ni mucho menos en su plano inclinado (figura **73)**, sino que se tomarán ciertas precauciones que conviene reseñar.

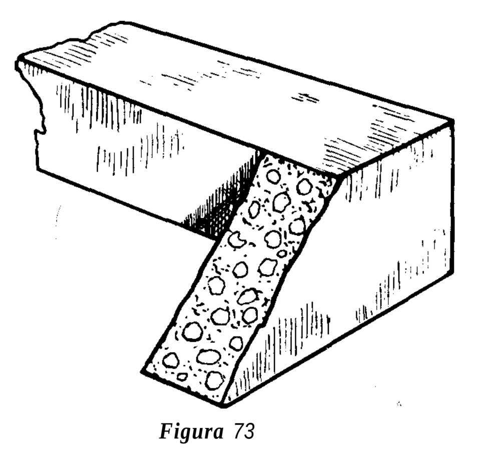


Figura 73

Calculado el espacio en que acabaremos de hormigonar, con unas tablas de encofrar haremos un encofrado en forma de línea quebrada (fig. 74)

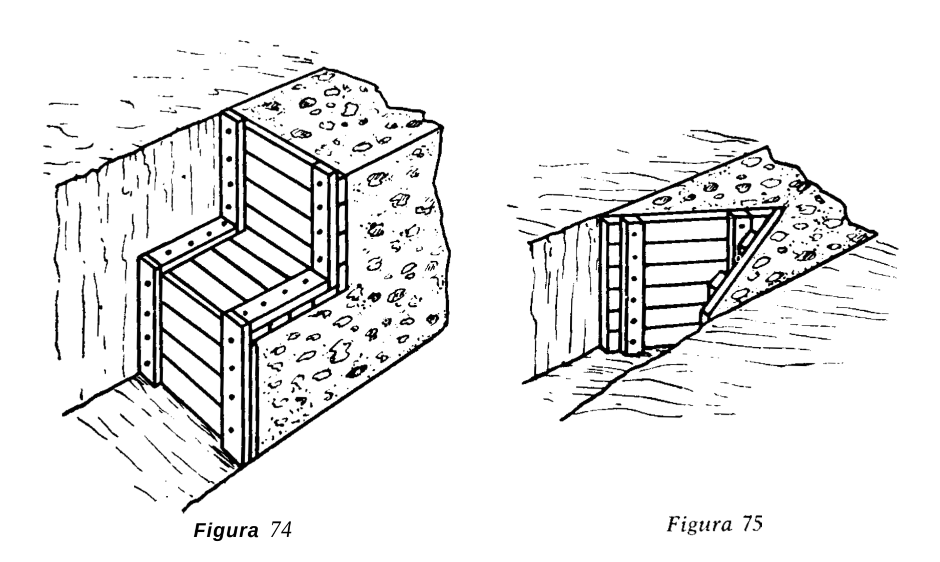


Figura 74 *Figura 75*

o si se considera más fácil en forma de **V** (fig. **75),** que fijaremos en las zanjas mediante unos pequeños codales, cuyo encofrado se podrá retirar en el momento en que el hormigón haya tomado algo de consistencia. Si al reanudar la cimentación consideramos que la cara o caras con las que se mantuvo en contacto con el encofrado quedarán lisas o casi enlucidas, se salvará, en parte, esta dificultad picando las superficies correspondientes y vaciándolas después con abundante lechada de cemento puro. Caso de que su continuidad sea en sentido ascendente. se anclarán unas piedras tal y

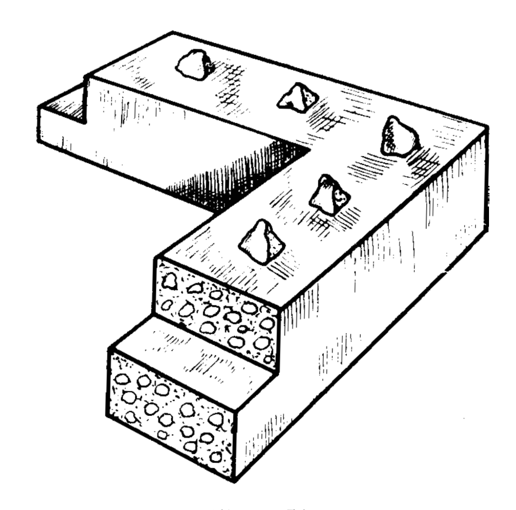


Figura 76

como se indica en la figura 75; pero sin olvidar la lechada dicha anteriormente, precaución a tomar no solamente en cimientos, sino también en cualquier estructura en la que el hormigón sea el material preponderante de relleno.

PROTECCION CONTRA LA INTEMPERIE

Aparte de los agentes químicos (de los que haremos mención en el último capítulo de la presente monografía) los enemigos del hormigón son las variaciones de temperatura y, más concretamente, las heladas y el calor excesivos.

Las temperaturas muy bajas retrasan el fraguado, debiendo suspenderse esta operación cuando el termómetro marque 4 Algunos autores aconsejan que si a una temperatura de O" es necesario continuar hormigonando, se añada a la masa aditivos tales como el cloruro de calcio en una proporción en peso del 4 al 5 por 100, o bien se calienta el agua de amasado; pero estos procedimientos tienen el inconveniente de disminuir la resistencia mecánica del hormigón. No obstante y si por la noche pueden preverse heladas, deberá protegerse el cimiento mediante paja, tierra, sacos, etc.

A los 7 días de endurecido un hormigón el peligro de heladas ha cesado por completo.

En las altas temperaturas de 35 a 40° es más práctico dejar de hormigonar, pero si se insiste en ello, convendrá resguardar el cimiento del sol por medio de sacos, ramas, etc., sobre las que continuamente se tendrá un ambiente de humedad mediante riegos continuos.

Como dato curioso diremos que tanto el aspecto de bufado (calor) como el de helada, no se diferencian nada en absoluto.

HIERROS ((EN ESPERA))

En un edificio de estructura de hormigón armado, pero cuya cimentación corrida se haya resuelto con hormigón en masa, la unión de ésta y los pilares se resuelve mediante las «esperas», cuya definición corresponde al argot de albañilería.

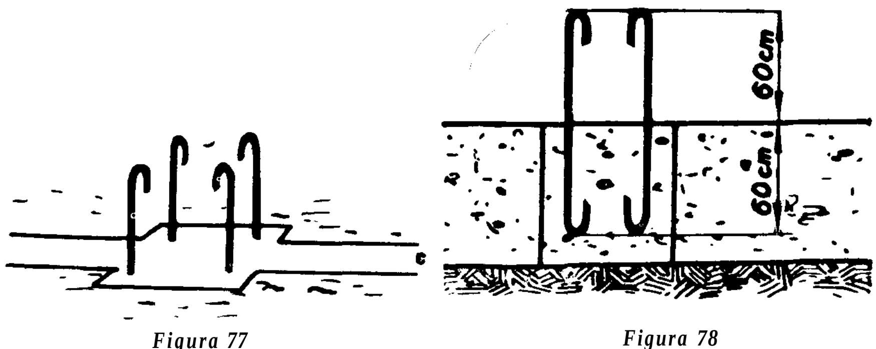


Figura 77 *Figura 78*

Estos hierros, embutidos en la cimentación y sobresaliendo por encima de la rasante de la misma, tienen como misión la de unir toda la estructura, por lo que estos hierros y aun respondiendo al cálculo deberán tener un par de diámetros más que el que le corresponda al pilar.

La situación exacta de los mismos es como se presenta en la fig. 77 (planta) y fig. 78 (sección) o sea la parte embutida en hormigón (no menos de 69 cm) deberá ser igual a la que se eleva por encima del nivel del mismo.

Si el replanteo del edificio se ha realizado por el sistema de camillas, la colocación de los esperas se realizará fácilmente si efectuamos la colocación (cosa que de otro modo no sería posible) antes de que el hormigón se endurezca, es decir que el momento justo de su colocación es cuando éste comienza su fraguado.

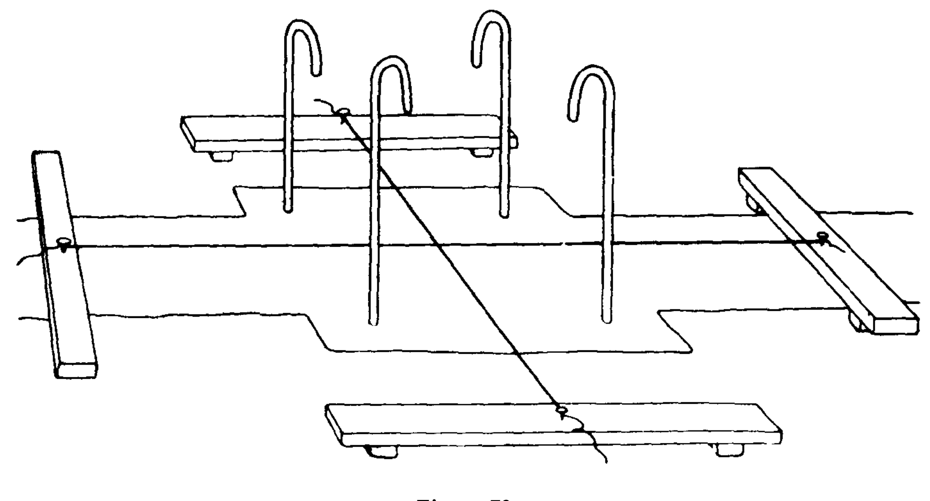


Figura 79

De camilla a camilla (fig. 79) se tiran los cordeles en cuyo centro se formará un cuadrilátero que será el pilar, y para lo cual habremos descontado los gruesos de recubrimiento. **A** más los gruesos de los hierros del pilar, posteriormente será fácil introducir los hierros en el hormigón, auxiliándose de una maceta haciéndoles pañear con los cordeles fijados anteriormente.

CIMIENTOS CON HORMIGON ARMADO

En edificios muy cargados y en suelos movedizos a los que, por su constitución geológica, para dar con el firme es preciso ir a grandes profundidades, se hace necesaria la utilización del hormigón armado para la cimentación.

El hierro que se utiliza en hormigón armado, es el llamado acero dulce y también hierro Siemens que se presenta en forma de varilla de sección redonda suministrándose en los calibres de 5 a 40 mm, aunque los más utilizados en la construcción son 5, 6, 7, 8, 12, 14, 18, 20, 22, 24, 25 y 30.

La prueba o ensayo del hierro en obra, puede hacerse mediante el doblado en frío sobre otra barra de doble diámetro (fig. 80) sin que aparezcan grietas ni señal alguna de rotura.

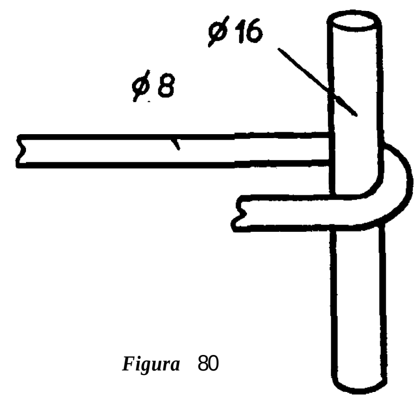


Figura 80

La característica primordial del hormigón armado es la perfecta colaboración que existe entre los dos elementos para soportar toda clase de fatigas, estándole reservada al hormigón los esfuerzos de **compresión** mientras que el hierro absorbe los de **tracción.**

Algunos autores aconsejan que las armaduras se introduzcan en los encofrados libres de óxido o herrumbre, pero la práctica diaria demuestra que puede ahorrarse este trabajo ya que, en varias ocasiones que no se ha limpiado, al efectuar demoliciones, las armaduras salieron completamente intactas y casi pulidas.

Pero lo que sí es imprescindible es que la armadura esté lo suficientemente envuelta en hormigón para que los agentes exteriores no provoquen su oxidación. Este recubrimiento de unos 2'5 centímetros como mínimo, debe preverse de antemano, pues en caso contrario puede venir la ruina (o al menos grietas peligrosas) en la obra y precisamente por oxidación de la armadura. Es decir, que en rigor no importa que la armadura se utilice oxidada, sino que, posteriormente debe evitarse su oxidación.

COLOCACION DE LAS ARMADURAS

La colocación de la armadura de pilares, puede hacerse cuando el hormigón de la cimentación ya está endurecido. Deberá encajar perfectamente en los cuatro hierros ((en espera)) a los que se asegurará mediante ligaduras efectuadas con alambre de atar.

BANCO FERRALLISTA

Actualmente existen máquinas que con un mínimo esfuerzo doblan el hierro automáticamente, aunque éste sea de gran calibre (fig. 81).

Esta máquina va montada sobre chasis de ruedas para facilitar su transporte a aquellos puntos de la obra en que convenga situarla. Para su accionamiento consta de un pedal y dispositivos para su mando a mano. Después de haber doblado un hierro adquiere automáticamente su posición

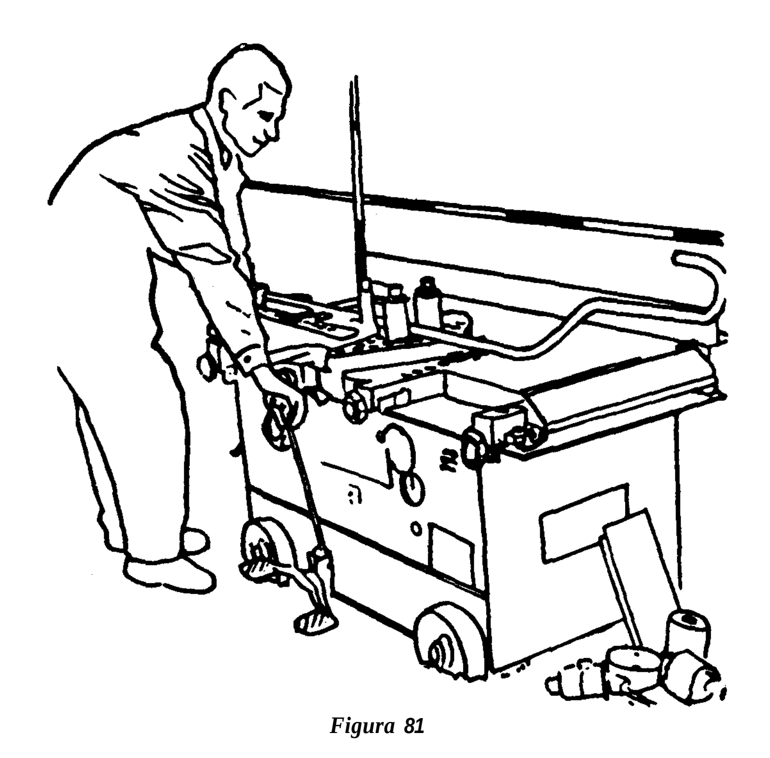


Figura 81

inicial, y puede doblarse tanto hacia la derecha como hacia la izquierda sin necesidad de cambiar su dispositivo, lo cual supone el ahorro de personal especializado en el trabajo del hierro.

Se construye en tres tipos, siendo la mayor la que es capaz de doblar en frío hasta redondos de 50 mm, siendo accionada por un motor eléctrico de 4 CV, y tiene un peso propio de 1.500 Kg.

Otras máquinas de pocas pretensiones son las dobladoras a mano, las qué, por ser de sobra conocidas no reseñamos y las que también son sustituidas por el banco de ferrallista, que es como si dijéramos lo más elemental en esta clase de trabajos.

Con un par de tablones que uniremos por medio de unas cuantas tablas y clavos, cuyos tablones fijaremos mediante puntas clavadas de oído a unas barraquetas corrientes, de andamio, formaremos un buen banco de ferrallista. Para el doblado del hierro, en uno de los extremos clavaremos unas puntas gruesas sin cabeza o mejor aún unos recortes de hierro de calibre 5 u 8 en las que se ha practicado una aguzadura, en sentido diagonal a la barra y tal como se dispone en la figura 82; para después y con los grifos correspondientes se hará el doblado. Para que el hierro se mantenga rígido convendrá situar espaciadamente y a lo largo de la varilla, unos hierros iguales a los descritos en forma de tresbolillo (misma figura).

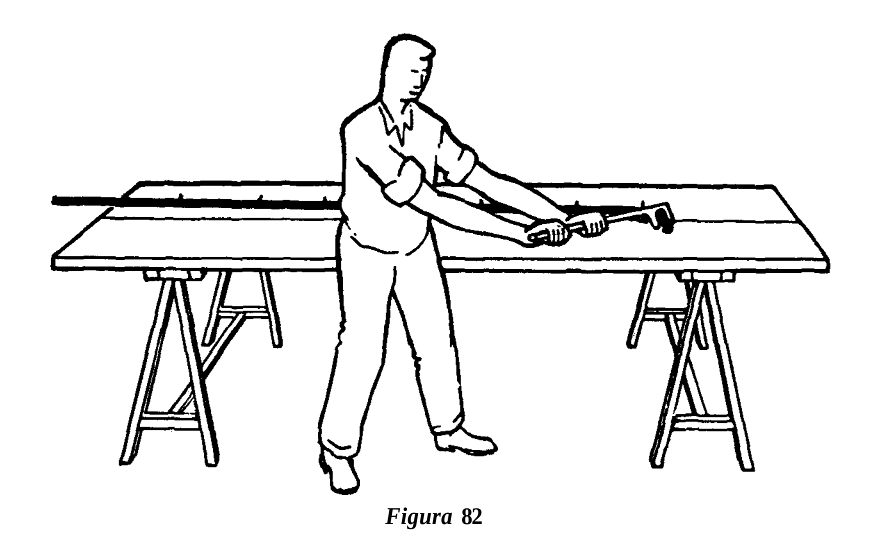


Figura **82**

Para el doblado de los hierros de compresión bastará hacer una plantilla, aunque en realidad y tal es la pericia de muchísimos ferrallistas que con sólo este artefacto hemos visto realizar obras de gran envergadura.

LIGADURAS

Ya hemos enunciado antes que el atado o ligaduras se efectuará en las armaduras de hormigón armado mediante el alambre de atar, que no es más que un alambre arrollado. Para ello hay también atadores mecánicos (figura 83), los cuales ahorran un 80 por 100 de mano de obra, efectuando de 3.000 a 1.500 atados por hora, según sea más o menos grande el aparato.

Las ligaduras a mano, se realizan pasando el alambre de manera que la ligadura presente la forma de cruz de San Andrés, la cual se fijará mediante la tenaza, dando vueltas al alambre y tensándolo mediante leve apoyo de la cabeza contra el hierro de la armadura. La operación se termina cortando el alambre sobrante, cuidando de que no sea al mismo tope de la armadura, ya que de esta forma se disminuirá el atado, todo lo cual se muestra gráficamente en la figura 84.

CIMIENTOS CON FABRICA DE LADRILLO

Para terrenos eminentemente secos y para edificios de tipos chalet o casita de campo, no hay inconveniente en construir la cimentación con ladrillo macizo o mejor aún con el ladrillo denominado "gafa" que es el que tiene dos agujeros en el centro en forma de óvalo. Este ladrillo tiene la ventaja

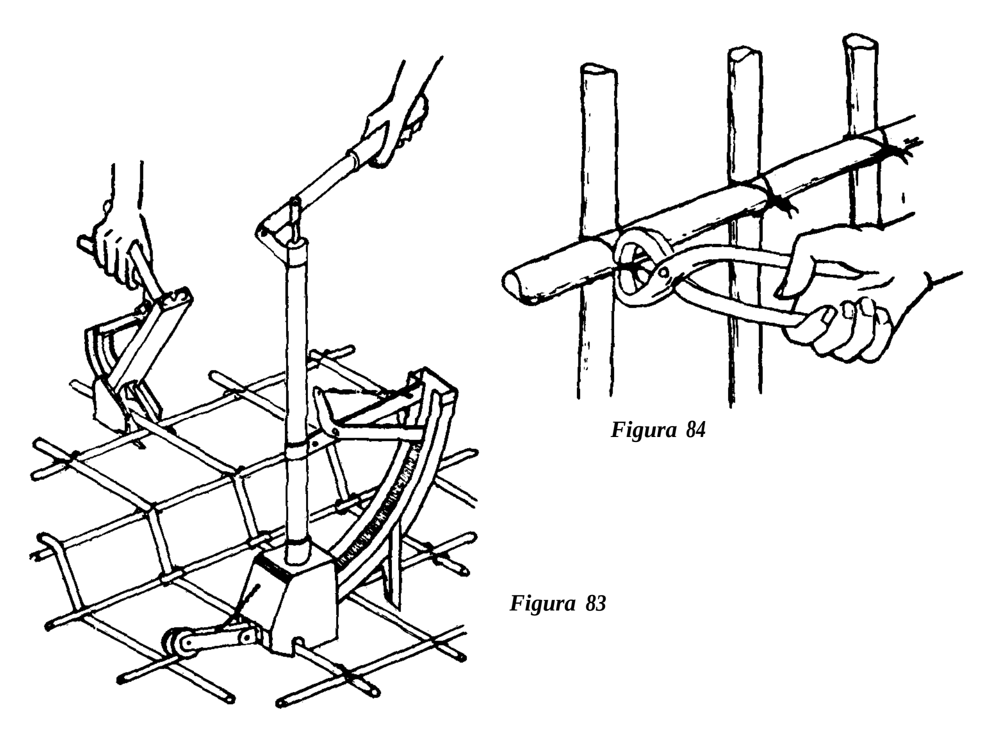


Figura 84

Figura 83

de que, al introducirse el mortero por los referidos agujeros, éstos se opondrán al deslizamiento con mucha más firmeza que los corrientes.

El ladrillo deberá estar bien cocido, no tendrá caliches y sus superficies deberán presentar un aspecto rugoso. Toda su masa será de composición homogénea. La prueba práctica de la calidad del ladrillo se hace frotando uno contra otro, pues si está bien cocido sus superficies permanecerán inalterables mientras que, en caso contrario, su masa se desmoronará. Otra prueba consiste en golpearle con un objeto duro, debiendo el sonido resultante ser agudo, metálico.

La cimentación con ladrillo se ejecutará con arreglo a las normas existentes para los muros, previniendo y dejando los pasos correspondientes a las tarjetas, las que se construirán mediante pilastras haciendo, como dintel de las mismas, unas cuantas vueltas a modo de arco de descarga.

Antes de su puesta en obra, los ladrillos deberán ser regados con abundancia y puestos sobre las hileras a restregar sobre buena pasta de mortero y, mejor aún, vaciando el cubo por entero y extendiéndole con la paleta. El aparejo más indicado es "a la española)), o sea a tizón con juntas encontradas. Si las paredes de las zanjas con respecto al grueso de la cimentación lo permiten, se dispondrán las miras correspondientes y en todo caso se verificará el nivel, pero nunca se hará de forma que éste apoye directamente en las hiladas, sino en uns regla larga, tal como se enseña en la fig. 85.

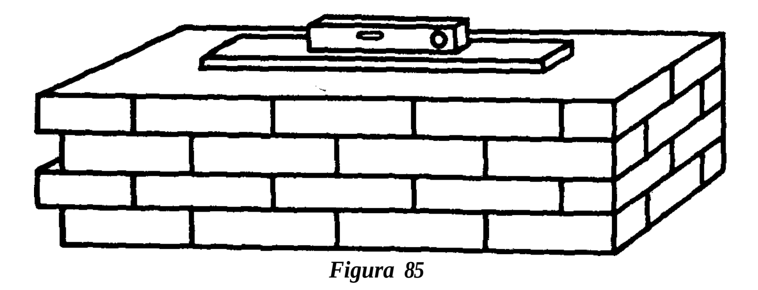


Figura 85

Durante el tiempo que dura el fraguado del mortero se mantendrá la cimentación en un buen ambiente de humedad mediante riegos.

Los tendeles no deberán ser excesivos, procurándose un grueso de juntas entre los 5 y los 12 milímetros.

Si por cualquier circunstancia, final de jornada, etc., hubiera necesidad de interrumpir la construcción del cimiento convendrá dejarlo en superficie escalonado o mejor aún con entrantes y salientes a modo de dientes, pues de este modo al continuar los trabajos se conseguirá una más perfecta trabazón y continuidad (fig. 86).

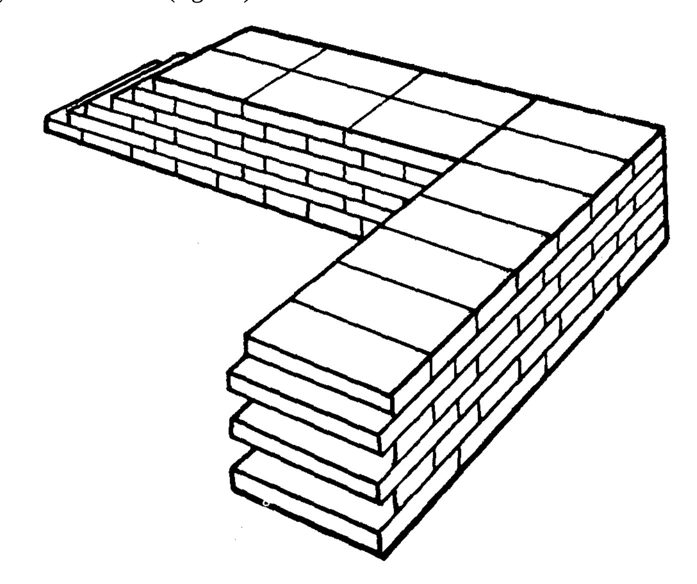


Figura 86

En los **cimientos escalonados** de fábrica de ladrillo, el ancho se aumentará siempre en medio ladrillo, de modo que cada lado cuente con un sobreando de 1/4 de ladrillos. En las paredes medianeras se da todo el sobreancho, de 1/2 ladrillo, en el lado interior. De este modo los escalones serán:

Fábrica de ladrillo con cal y ensanche en ambos lados, 2 hiladas.

Fábrica de ladrillo con cal y en un solo lado, 4 hiladas.

Fábrica de ladrillo recocido o de máquina, 1 a **2** hiladas.

El escalón inferior se construye, en general, una o dos hiladas más alto, ya que en la hilada inferior, por estar colocada sobre el terreno, a veces deficiente, no se puede contar con la misma resistencia y distribución de fuerzas que en las hiladas superiores.

Las figuras 87 y 88 ilustrarán estos conceptos.

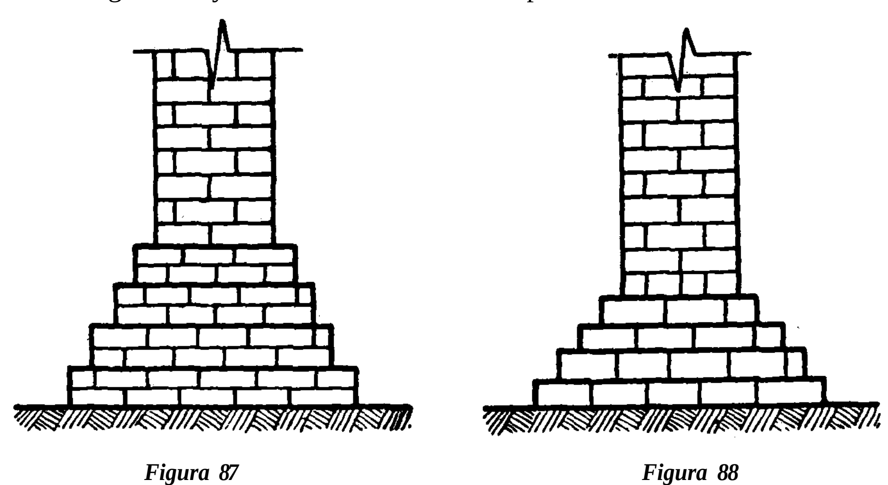


Figura 87 *Figura 88*

CIMIENTOS CON PIEZAS PREFABRICADAS

En Bogotá, y en el Centro Interamericano de Vivienda se desarrollaron unos interesantes estudios, con carácter de ensayo, al objeto de dotar las viviendas de un tipo de cimentación con piezas prefabricadas.

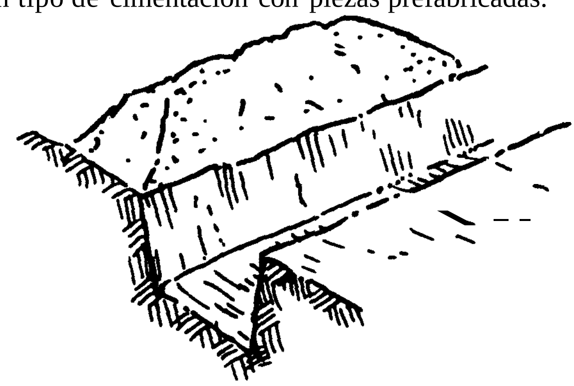


Figura 89

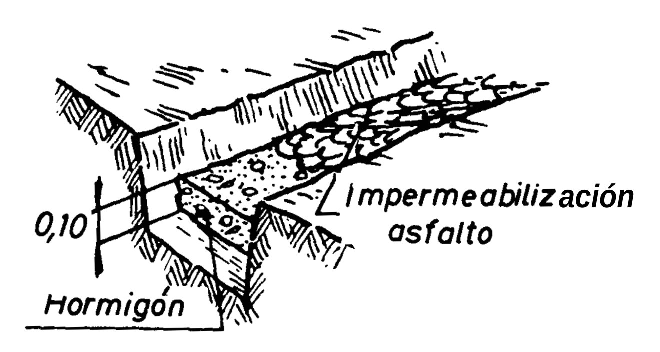


Figura 90

Describimos este tipo de cimiento prefabricado en las figuras siguientes:

Fig. 89. — Excavación realizada, a la manera tradicional.

Fig. 90. — En el fondo de la zanja, relleno de arena de 10 cm de espesor y sobre la misma una barrera capilar de asfalto.

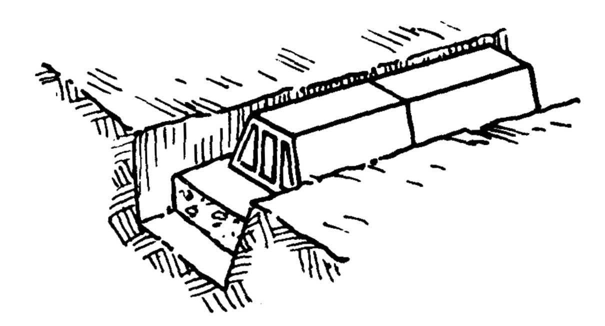


Figura 91

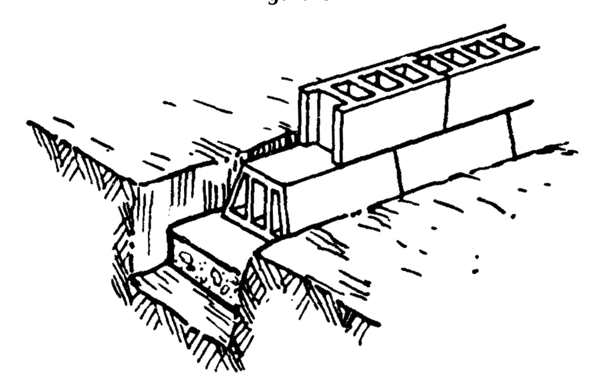


Figura 92

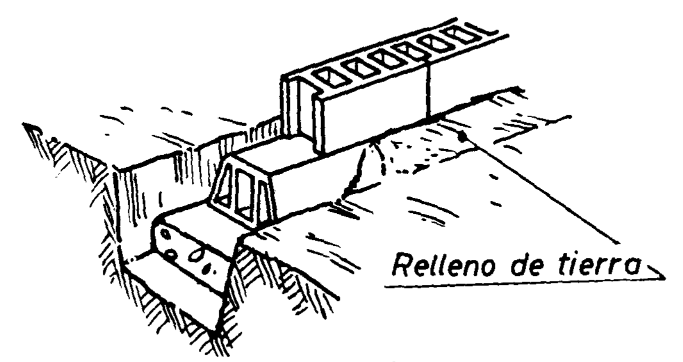


Figura 93

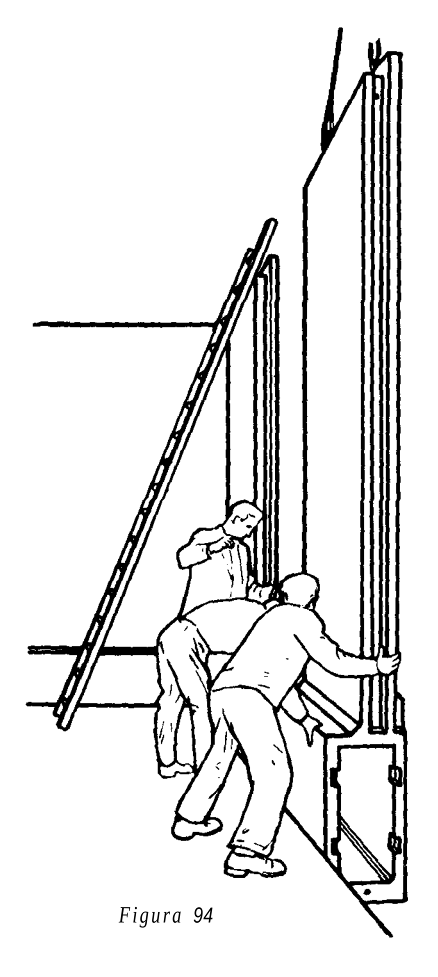

Figura 94

Fig. 91. — Cimentación de bloques huecos, dirección en forma de trapecio que facilita la transmisión de la carga al terreno.

Fig. 92. — Sobre los bloques huecos de la cimentación se inicia la construcción del muro, también de bloque huecos.

Fig. **93.** — Con el relleno de tierra la cimentación queda terminada.

Otro tipo de cimentación prefabricada, es el realizado por los franceses, de cuya construcción dan idea las figuras siguientes:

Fig. **94** — El bloque hueco que constituye el cimiento en mutua ligazón con el panel, también prefabricado, es izado por una grúa y colocado en el lugar correspondiente.

Fig. 95. — Detalle constructivo del cimiento con la pared incorporada al mismo, mostrando los mechinales por donde se inyecta el cemento y donde se aprecia también la ubicación de la cubierta y el cielo raso.

Fig. 96. — Cimentación prefabricada continua de cerámica precomprimida de Freyssinet.

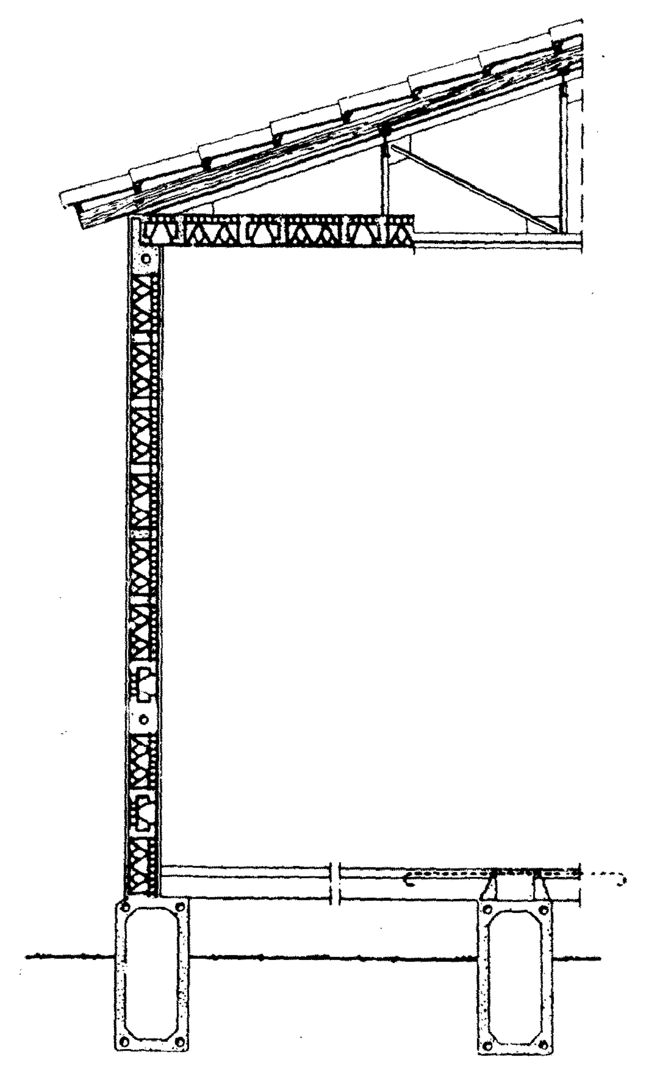


Figura 95

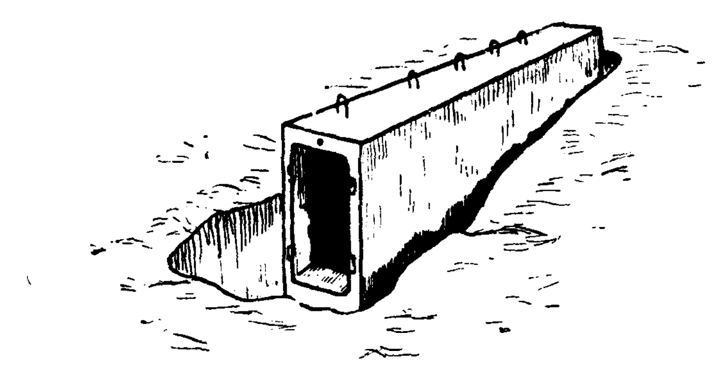


Figura 96

ENCOFRADOS

Aunque a simple vista sea una paradoja, muchas veces nos hemos visto obligados a encofrar parte o toda de una cimentación.

No siempre los terrenos son sensiblemente horizontales, sino que, por el contrario, presentan pequeñas ondulaciones, donde no merece la pena realizar una cimentación escalonada, y es entonces cuando, para continuar el nivel de la cimentación, se impone el encofrado.

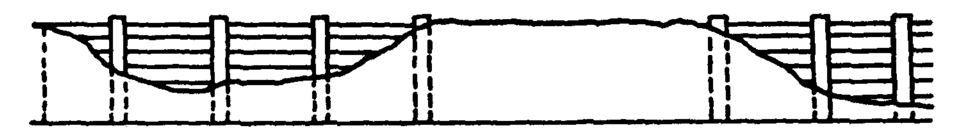


Figura 97

En las figuras 97 y 98 se muestra un ejemplo de lo dicho, para cuya orientación suele bastar con unos cuantos tableros y, si acaso, algún tornapunta, ya que el propio terreno hará las veces del mismo.

Como norma general para la preparación de los tableros, diremos que los barrotes extremos de los mismos no se disponen a ras de los extremos de las tablas, sino remitidos en un espesor de tabla. Todas las cruces de barrotes extremos y tablas se asegurarán con dos clavos, los de barrotes intermedios, con un solo clavo. Los clavos se colocarán de modo que la distancia al borde de la tabla en dirección a la fibra sea por lo menos de 10 diámetros del clavo y transversalmente a la fibra de 5 diámetros. Con esto no sólo trata de evitarse que se raje la madera, sino que también se procura buen asiento a las cabezas de los clavos y, por lo tanto, eficacia estática. Si un clavo se encuentra muy cerca de la testa de la tabla, un esfuerzo de tracción en sentido de la fibra no encontraría resistencia delante del clavo y se abriría la madera. Por eso dejando por lo menos 10 diámetros al final de la tabla, se tendrá madera suficiente para oponer resistencia al esfuerzo de

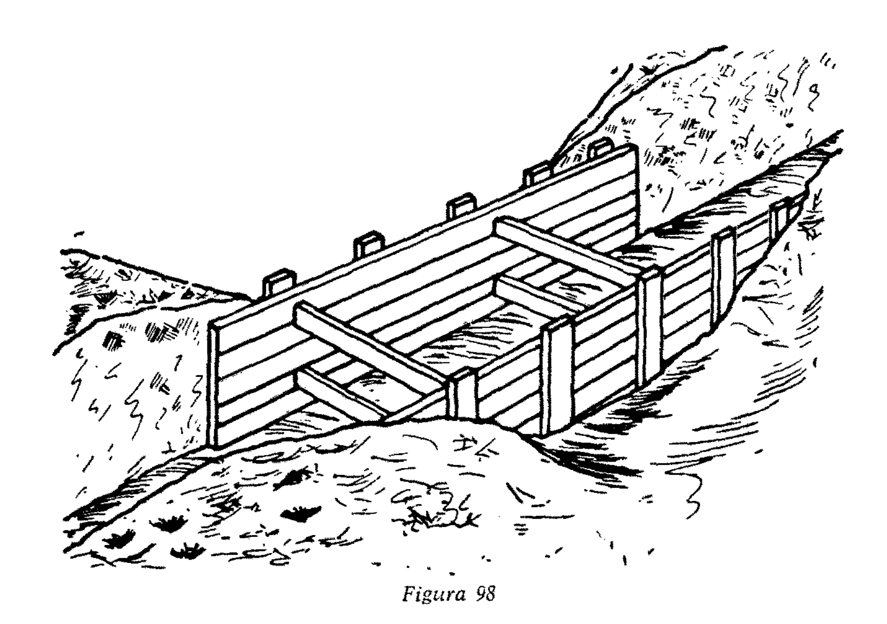


Figura 98

cortadura ejercido por el clavo. El consejo de situar el clavo a 5 diámetros al borde de la tabla en sentido vertical a la fibra, lo justificamos porque un clavo es como una cuña que tiende a separar las fibras de la madera y para que quede fuera es necesario que encuentre en la tabla la resistencia suficiente. Tampoco los clavos deben clavarse muy próximos entre sí, pues cada uno de ellos acentuará en este caso el efecto de cuña de su compañero corriendo el riesgo de hendir la madera o de que los clavos no queden firmes y asegurados.

Dado el caso anterior de cimentación, con las indicaciones que acabamos de dar sobre la confección de tableros, realizaremos las mismas, para uso repetido, con arreglo a la figura **90.**

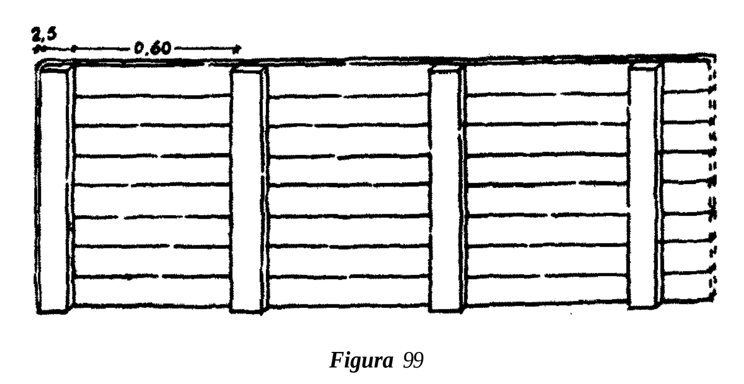


***Figura** 99*

También puede suceder que para alcanzar la cota que nos indique el plano de cimentación, ésta ((salgan fuera de la rasante del terreno y entonces el encofrado se hace un poco más complicado en cuanto a su arriostramiento se refiere y que estudiaremos seguidamente.

Como las tablas de los tableros resultan fatigadas por flexión y los barrotes son los destinados a recibir el empuje, es decir a impedir la flexión de las tablas, es preciso elegir la distancia del embarrotado de acuerdo con los esfuerzos que se presenten y cuya distancia límite debe ser la de 60 cm.

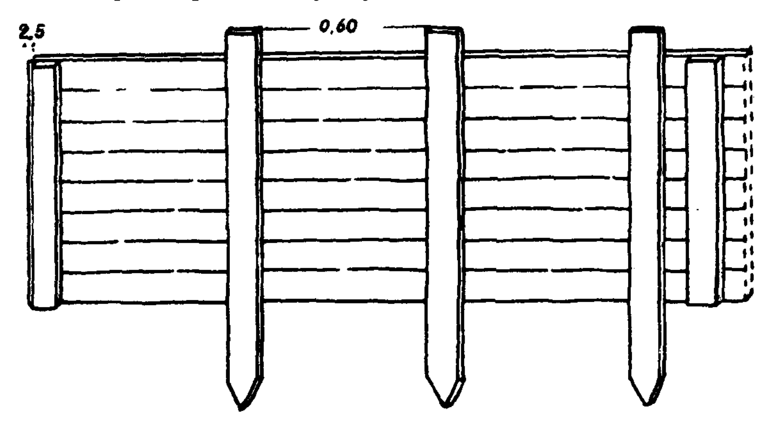


Figura 100

También en principio, obtendremos un ahorro notable en la clavazón si disponemos el embarrotado de los tableros de forma que éstos se hinquen en el terreno (fig. 100). Se aseguran sólo con un clavo a la tabla superior del tablero y, circunstancialmente, a alguna tabla que no siente bien para evitar escapes de hormigón e imperfecciones en los paramentos.

Hay muchas maneras de arriostrar los encofrados, pero la que a nuestro juicio es la más conveniente, tanto en el orden técnico como en el económico, es la representada en la figura 101.

Las correas las haremos con cuadradillo de 10x10 cm; éstas tienen por objeto absorber más aún el empuje a flexión, ya que suponemos una cimentación de alguna importancia.

Cada 80 centímetros longitudinales, dispondremos de latiguillos con hierro de ⌀ 5 mm (estos Iatiguillos, una vez desencofrados, se cortarán a ras del hormigón, aunque hay también quien acostumbra a doblar el hierro sobrante con el que el elemento adquiere algo más de consistencia) que terminaremos de tensar mediante cuñas.

A excepción de las carreras y estacas, se puede utilizar tabla de 10'5 x 2'5 centímetros.

Los codales, que en realidad no son más que escotillones con el ancho exacto de lo que ha de ser la cimentación y que hay que ir quitando a medida que avanza el relleno de cimientos, los fijaremos provisionalmente con

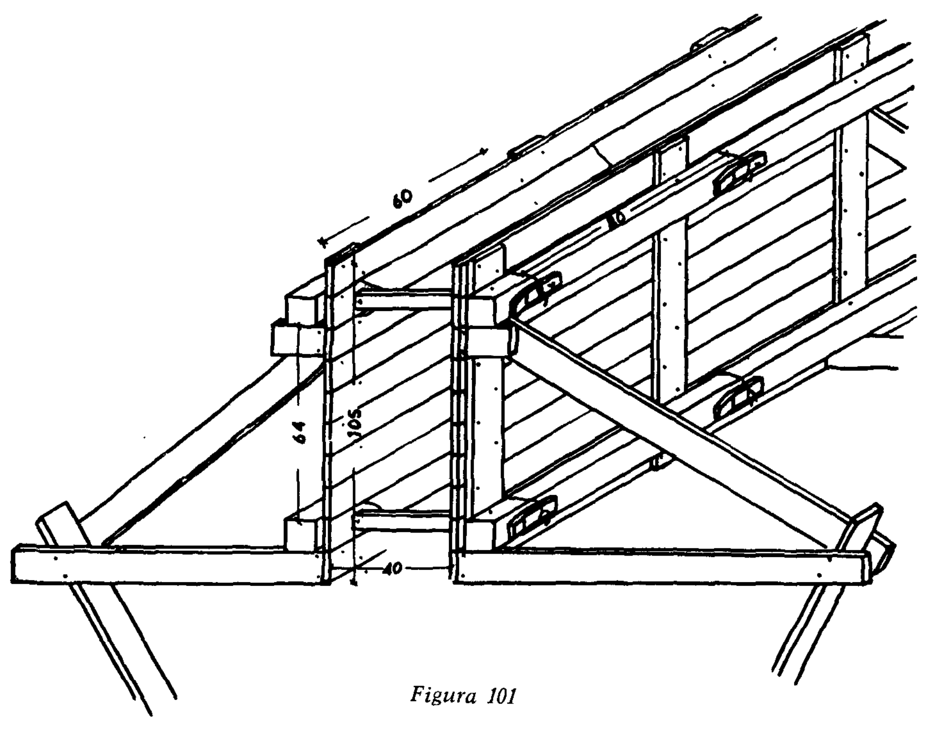


Figura 101

clavos sin embutirlos totalmente en la madera para su fácil extracción. Dando a las tablas un filo de sierra en su mitad obtendremos los codales.

La longitud de los tornapuntas depende de la altura de los cimientos y de la distancia de las estacas a los tableros. El tornapuntas debe quedar con inclinación de 45 a 60 grados y su pie clavado en un costado de la estaca.

Para completar la rigidez o el arriostramiento del tornapuntas es preciso triangular la unión con una solera o riostra. Esta es una pieza horizontal o muy inclinada que va del pie del tornapuntas a la base del barrote y va clavada a la estaca. Nunca se clavará el tornapuntas y la solera al mismo lado de la estaca, sino uno por la derecha y otro por la izquierda, con objeto de que la estaca trabe mejor. Disponiendo los tornapuntas de este modo y colocando bien las carreras y latiguillos, se obtendrán encofrados con estabilidad perfecta.

BOVEDAS

Cuando para encontrar un terreno firme sobre el que asentar el edificio deben excavarse profundidades superiores a los 2 metros, desde el punto de vista económico no es aconsejable el cimiento continuo y es entonces cuando se recurre a la cimentación llamada **discontinua.**

Cimentación discontinua es aquella que está formada por una base previa de pilares o bóvedas, sobre la que se establece la obra de fábrica; o sea que en vez de efectuar la excavación en zanja, se procede:

1.° **A** la construcción de pozos de cimentación que estarán separados unos de otros, como máximo de **3** a **4** metros. El material de relleno de estos pozos, es el hormigón. También se puede utilizar el ladrillo.

2." Construcción de arcos entre pozo y pozo de cimentación. Estos arcos son de obra de fábrica o de hormigón, llamados usualmente arcos de descarga.

3." Cimentación continua sobre la base formada, con obra de fábrica corriente.

Los pozos se procurarán distribuir entre los puntos más cargados (ángulos, entrepaños, etc.), pueden tener sección rectangular. El relleno de los pozos con hormigón se efectúa por capas sucesivas de **20** a **30** cm bien apisonadas.

Las cimbras de los arcos de cimentación las forma el terreno mismo, para lo cual se acondiciona el terreno mediante riegos y apisonado.

Los arcos pueden ser: de medio punto (véase fig, **23),** rebajados o elípticos, aplicándose estos últimos cuando los pozos estén muy distanciados unos de otros, en cuyo caso es necesario unirlos en los arranques con una varilla de hierro para compensar empujes, como puede verse en la figura **24** del primer capítulo.

BOVEDAS INVERTIDAS

Una forma de repartir la presión de pilares aislados al terreno, es la construcción de bóvedas invertidas cuyos arranques están bajo los zócalos de los distintos pilares de cimentación, tal como se indica en la figura **27** del primer capítulo.

Esta clase de tipo de cimentación sirve para sustituir a las losas y vigas de hormigón armado, y hoy en día casi no se emplean. No obstante, esta clase de bóvedas se pueden colocar como sostén parcial de la obra o en toda la extensión de su superficie, en cuyo caso es necesario que se proyecte para aguantar fatigas longitudinales que producen las bóvedas. Especialmente en sus arranques, para lo cual se colocan (como anteriormente dijimos) tensores bien protegidos contra la oxidación.

Un caso concreto de construcción de bóveda invertida puede ser un puente de ferrocarril cuyas sobrecargas de trenes, no es posible transmitir al terreno solamente mediante las pilas y estribos, sino que es necesario la superficie adicional de las bóvedas invertidas, cosa que también permitirá reforzar las pilas y el arco superior.

Este sistema de cimentación que estudiamos, adolece del defecto que si los asientos son desiguales, la propia acción de la bóveda no tiene lugar, pudiendo agrietarse, con el inconveniente de la falta de ligazón del conjunto.

ZAPATAS

Se da el nombre de zapatas, a los zampeados escalonados que gradualmente pasan, del grueso del muro, al nivel de mayor superficie de sustentación, lo que ya se estudió debidamente en el apartado sección escalonado y a la cual remitimos al lector.

ZAPATAS ARMADAS

Las zapatas armadas pueden constituir un sustitutivo del emparrillado y tienen como finalidad repartir la carga en una mayor superficie. En rigor, no es más que una losa armada como puede verse en la figura **102.**

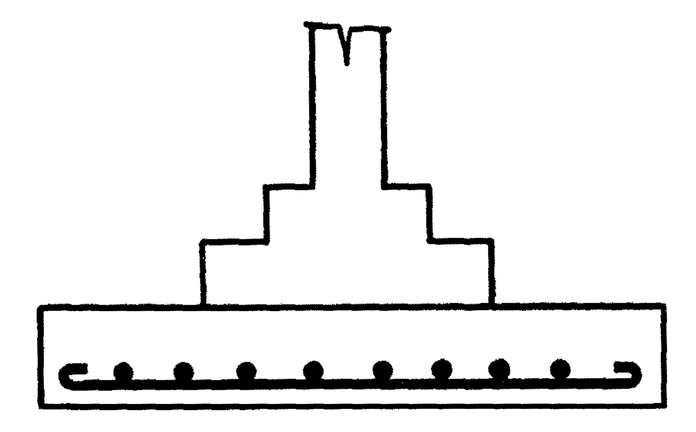


Figura 102

CIMENTACION SOBRE ARENA

Cuando el terreno es arenoso el mejor sistema es el pilotaje, pero sus características ya las veremos más adelante al tratar este tema. Ahora vamos a estudiar la arena como base de sustentación.

La arena se ha empleado bastante como cimentación: Ejemplo: depósitos de palastro para gasolina. Pero para ello es necesario que el terreno reúna dos características esenciales: que no sea demasiado blando (pues **la** arena se hundiría poco a poco en el mismo) y que esté al abrigo de corriente de agua, pues la arrastraría.

Para realizar una cimentación de arena se comienza efectuando una excavación de unos 75 cm, Posteriormente, echaremos la arena por capas sucesivas que se irán apisonando con objeto de que la misma se introduzca en las paredes laterales de **la** zanja.

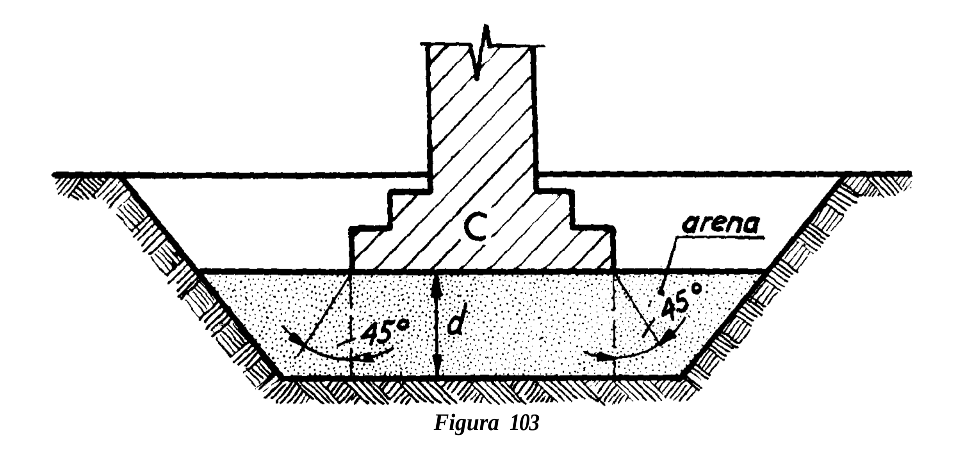


Figura 103

La cimentación de arena presenta la ventaja de lo reducido de su coste y la de que reparte uniformemente la carga del edificio. El procedimeinto anteriormente indicado es muy antiguo, usándose aún en la actualidad. Se basa (fig. 103) en que la presión del cimiento sobre la arena se transmite al suelo según una pirámide truncada cuyas caras están inclinadas a 45º, con lo que la superficie de asiento del cimiento **C** se amplía. La letra **d** corresponde a la altura del relleno de arena,, el cual se puede mejorar mediante un apisonado mecánico.

CIMENTACION SOBRE FANGO

La cimentación sobre terrenos fangosos, es de especial interés, ya que muchas veces es necesario afrontarla en labores portuarias. Estos terrenos tienen asientos enormes y a veces verdaderos hundimientos, tales como un dique que se construyó en La Spezia (Italia) el cual se apoyaba en un lecho de fango y el que, al término de 4 años, descendía 18 metros en algunos puntos.

Estos hundimientos de fundaciones pueden aminorarse interponiendo entre el fango y el cemento una gruesa capa de arena que oscile entre los 2'50 y **3** metros de altura. Sistema del que quedó prácticamente demostrada la eficacia, pues en el mismo terreno del puerto de La Spezia se construyó después en esta forma y en los 16 años de terminada la construcción sólo se nota un asiento de 80 centímetros como máximo.

Pero el sistema más generalizado, es el que se ejecuta mediante el **emparrillado,** el cual (fig. 104) es una construcción de largueros de madera de encina dispuestos en sentido horizontal y transversal sobre los cuales se establece una plataforma del mismo material.

El emparrillado debería tener una superficie algo mayor que la del edificio pero en la práctica se limita la construcción del emparrillado a la superfi-

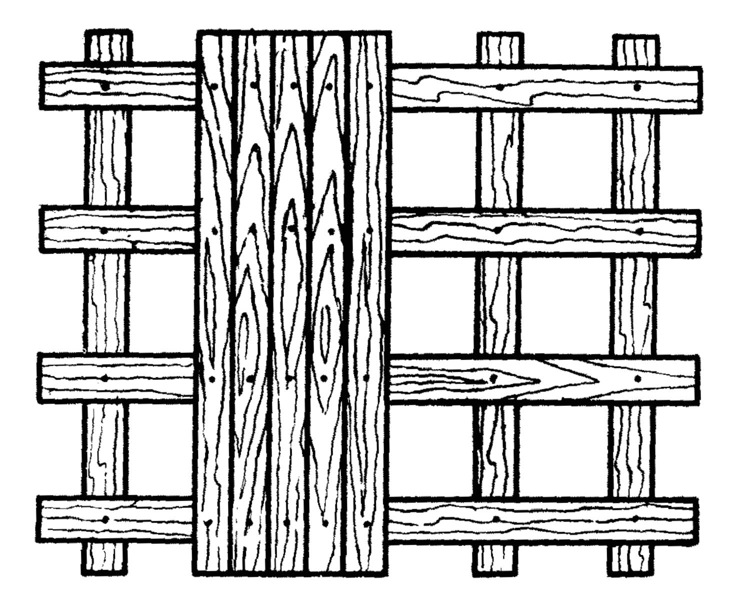


Figura 104

Figura 105

cie ocupada por muros, aunque con mucha más anchura para mejor repartir su carga. Entre los emparrillados se coloca tierra apisonada, a la vez que se unen por medio de largueros.

Los travesaños van debajo y son de 20 a **30** cm de espesor. En la unión de cimientos de dos alas contiguas, los largueros de una de ellas se prolongan por encima de la otra **(fig.** 105).

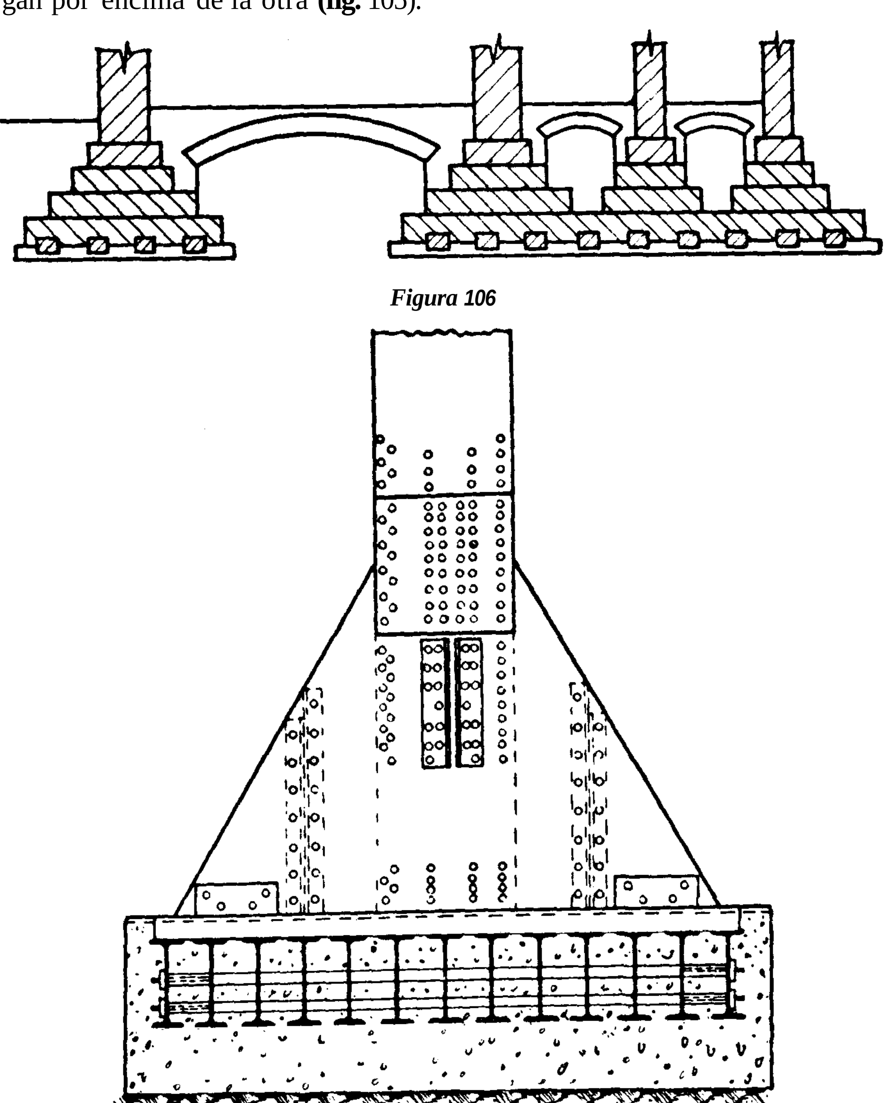
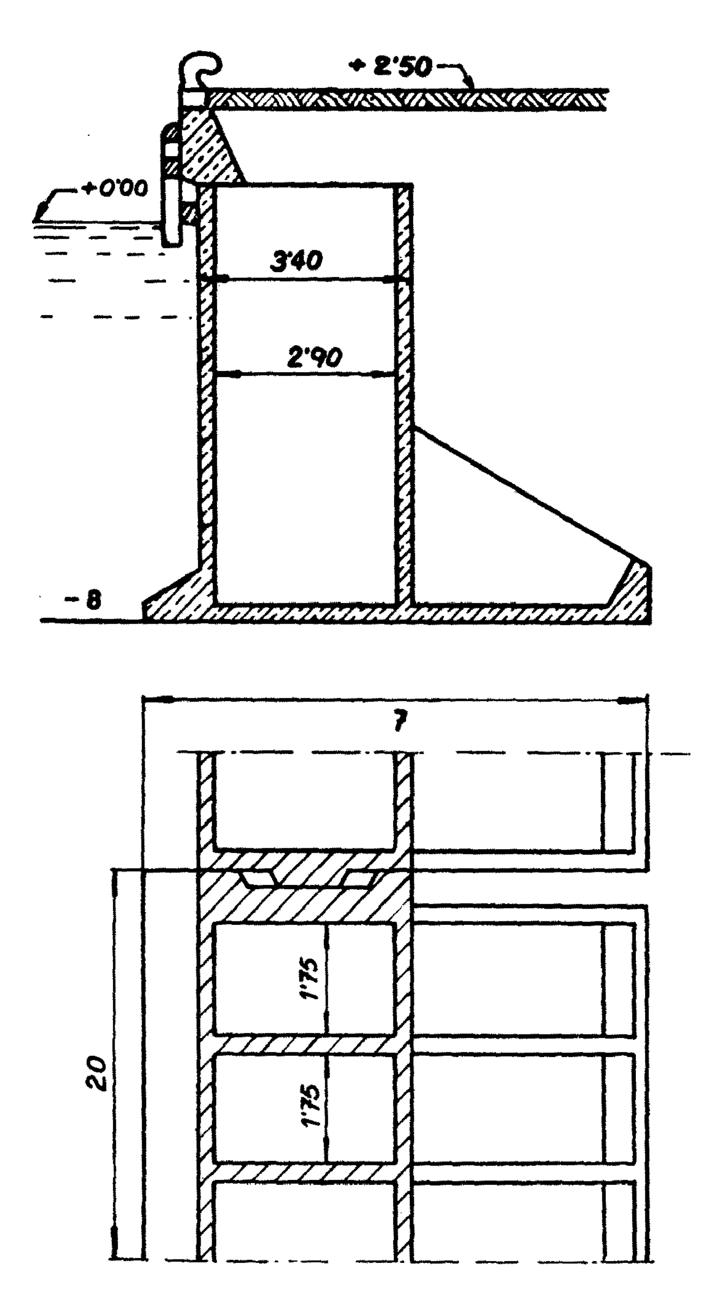


Figura 106

Figura 107



Figuras 108 y 109

Cuando existe desigualdad en el asiento de las cargas, es fácil la aparición de grietas por flexión de los maderos, lo que se evita enlazando los diferentes cimientos con arcos de descarga y ampliando los mismos con zapatas (fig. 106).

Actualmente, en la construcción de los emparrillados, se emplea, más que la madera, el hormigón armado, en forma de losas ya descritas, o formado por un grupo de vigas metálicas paralelas entre sí y tubos intermedios para su fijación y correcta distribución, tal y como se ve en la figura 107, la que representa el emparrillado de los apoyos de las columnas del rascacielos Empire State de Nueva York.

CIMENTACION EN EL AGUA

Como luego veremos, ésta se realiza mediante ataguías, tablestacas, etc., pero para aquellos lugares en que las profundidades sean excesivas, la cimentación se realiza mediante cajones sin tapa, llamados **cajones flotantes,** los que son construidos en tierra y botados al agua de forma análoga como cualquier embarcación. Estos cajones pueden ser construidos de hormigón armado y acero.

Emplazando el cajón que nos referimos en el lugar exacto, y utilizando arena como lastre, se va sumergiendo mediante una guía de pilotes, con el fin de que llegue al fondo en su posición correcta, donde se le asegurará mediante anclajes. El suelo que haya de soportar el cajón deberá ser horizontal. Dicho terreno se prepara con excavadoras, o bien haciendo un terraplenado con arena.

Los grandes cajones flotantes se dividen interiormente en compartimentos, tanto en sentido horizontal como transversal, con objeto de dotarlos

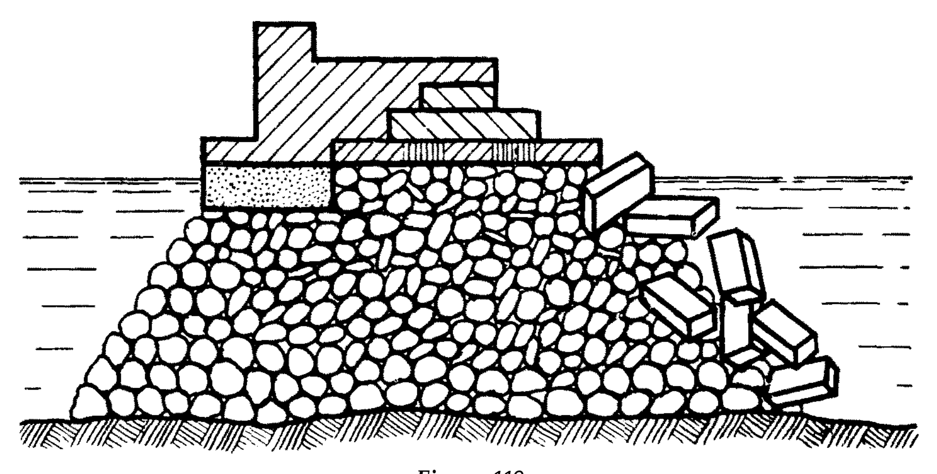


***Figura** 110*

de mayor resistencia, de todo lo cual da una idea las figuras 108 (alzado) y 109 (planta).

En las cimentaciones en el agua también se emplea el sistema denominado sobre escalera, el cual consiste en que una vez realizada la superficie de asiento por medio de dragas, se lanzan al agua bloques de piedras u hormigón, sobre los cuales se establecen las fundaciones (fig. 110).

ATAGUIAS

Con objeto de que en un terreno anegado se pueda construir una cimentación, se disponen **ataguias** (también conocidas con el nombre de diques). El sistema consiste en formar una empalizada o recinto cerrado lo suficientemente impermeable para que el agua, una vez sacada de este recinto, no pueda penetrar otra vez y dificulte las faenas de excavación.

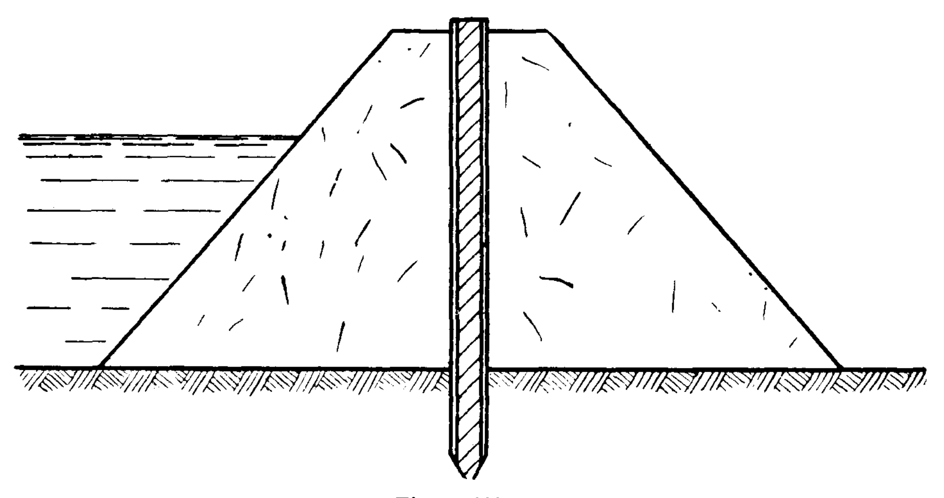


Figura 111

El sistema más elemental es el formado por un terraplén de tierra apisonada (fig. 111) la que, para la formación del recinto, dependerá de su calidad, así como de su espesor, de su apisonado y del movimiento que tengan las aguas.

A título de orientación podemos indicar que para aguas tranquilas y de profundidades no mayores a un metro, si se emplean tierras arcillosas dan buen resultado estas ataguías, construyéndose con un ancho en la parte superior igual a la profundidad del agua. El ancho de la parte inferior depende de talud natural de la tierra a emplear.

Cuando la altura del agua sea superior a un metro, será necesario reforzar el sostén de tierra con una pared de madera, que puede situarse en el centro como en la figura 111; detrás del montón de tierra (fig. 112), apoyada a la pared por un tornapuntas, o como en la figura 113, en que la

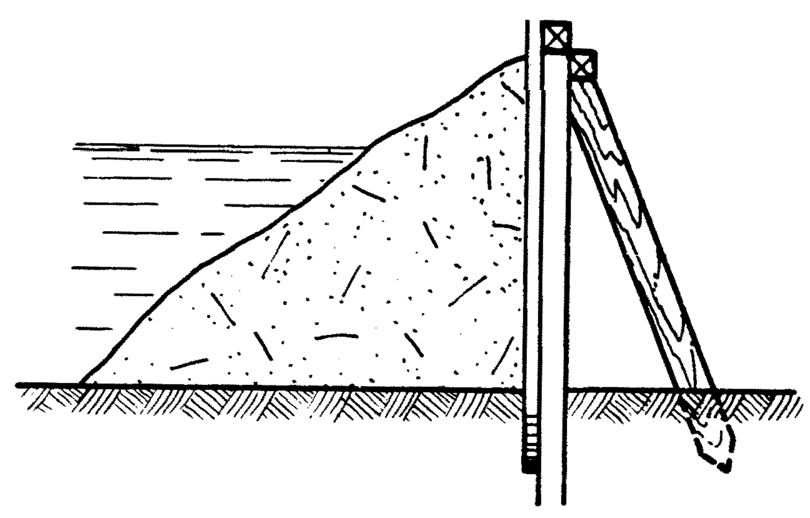


Figura 112

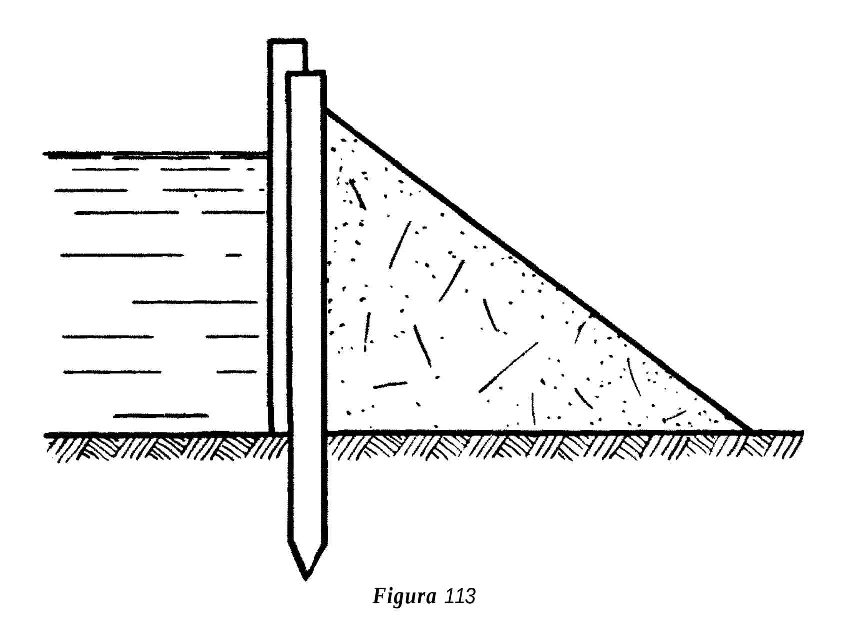


Figura 113

Figura 114

Figura 115

pared de madera está en contacto con el agua, suprimiéndose el tornapuntas.

Las estacas acostumbran a ser de **0'18** a **0'25** m de diámetro colocadas a distancia de 1 a **1'25** m y enlazadas por tablones con travesaños (fig. **114).**

La ataguía con doble pared de madera forma un cajón que se rellena de tierra. En la figura **115** puede verse un esquema de las ataguías de este tipo. Como se observará, está formada por dos paredes continuas de tablones, situados a **2'25** m de distancia, con una serie de estacas externas bien incrustadas en la tierra.

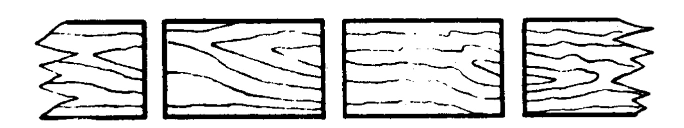
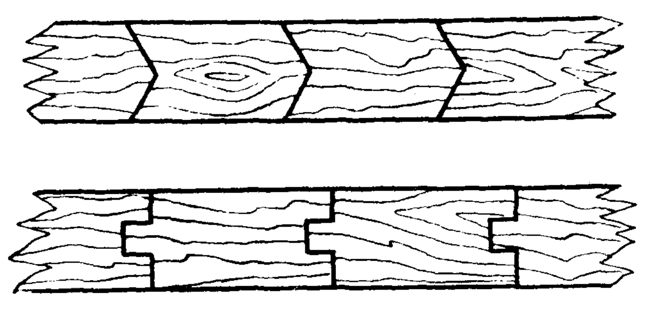


Figura 116

La forma de colocar los tablones depende de la finalidad que se persiga; si se trata de conseguir solamente el apoyo de la tierra, se colocan uno al lado del otro como en la figura **116.**

Cuando además del apoyo interesa la impermeabilidad se ensamblan los tablones en la forma que se indican en las figuras **117** y **118.** Este tipo de sostén es muy utilizado para alturas de agua de **3** a **3'50** metros.



Figuras 117 y 118

Cuando la altura del agua es superior a 3'50 m el tipo de dique o sostén que se utiliza es el de escalera que consiste en una serie de diques adosados de diferentes alturas. En la figura 119 puede observarse un muro ataguía con dos escalones, para una altura de 5 m, relleno de arena.

La arena se emplea en lugar de tierra, cuando se teme que pueda haber infiltraciones de agua.

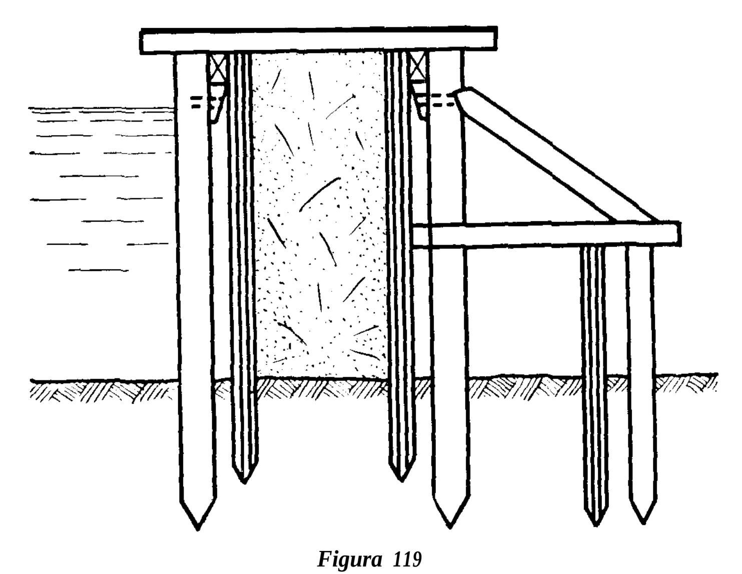


Figura 119

TABLESTACAS

También los tablestacados son paredes formadas por tablones unidos por travesaños y terminados en punta que se hincan en el terreno, tal como puede verse en la figura 120 en la que se observa que hay unos tablones que se hincan más profundos haciendo las veces de pilotes.

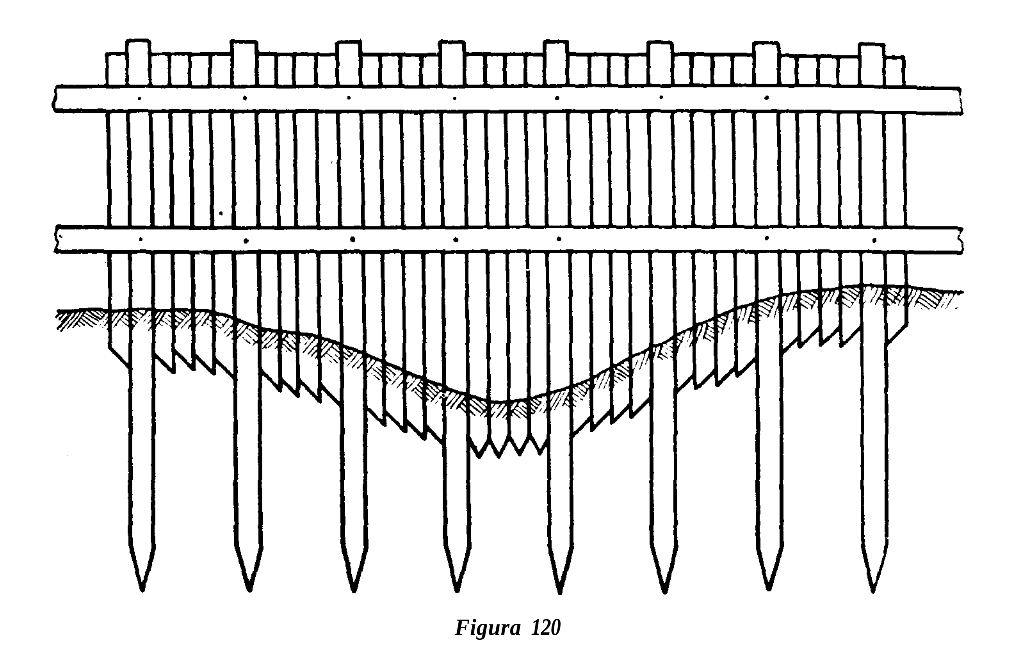


Figura 120

Para evitar el desplazamiento que los empujes pueden ocasionar sobre el tablestacado se unen mediante costillas de perfiles laminados o con las puntas ensambladas como anteriormente indicábamos al referirnos a las ataguías.

El fin primordial de las tablestacas es asegurar las paredes contra los desprendimientos antes de iniciarse la excavación, cuando, por alguna razón exista agua subterránea en el lugar de la obra.

CAJONES INDIOS

El método indio se ejecuta mediante pozos de ladrillo u hormigón. Los de fábrica de ladrillo, generalmente circulares, tienen la ventaja, dado su peso, de que su descenso puede hacerse sin piezas suplementarias; simultáneamente puede efectuarse su prolongación con el descenso. Según se va ejecutando, los muros de fábrica de ladrillo deberán sobresalir de la tierra lo necesario para que, al descenso inmediato, puedan resistir la presión del terreno y el muro sobresalga algo de la superficie. Con una corona triangular de madera o un corte de acero, quedará protegida la parte inferior de la pared, que es la que se abrirá paso en el terreno durante su hinca.

Hay un inconveniente en la hinca de estos pozos y es que como son circulares, tienen la tendencia a girar sobre su eje lo que produce desplazamientos de la dirección vertical que interesa dar.

La dimensión de los pozos es proporcional a las cargas que deba soportar, así como a la resistencia del suelo, aunque no se tengan en cuenta las fuerzas de rozamiento entre las cajas y la tierra.

Para la construcción de estos pozos se adoptarán grandes dimensiones, pues es preferible construir pocos muros de este tipo a muchos de dimensiones más pequeñas.

Los muros serán construidos con fábrica de ladrillo prensado o recocido, recibida con mortero de cemento de fraguado rápido. Su paramento exterior, en roce con la tierra, deberá ser enlucido a fin de disminuir el rozamiento.

Con objeto de aumentar el peso se harán más gruesas las paredes por su parte interior siempre que haya espacio suficiente.

Cuando el suelo esté formado por estratos de distinta naturaleza que opongan al rozamiento resistencia variable, puede armarse la pared sobre una corona en la que se ancla, evitándose con ello que el pozo se destruya por disminución brusca del rozamiento.

En la actualidad y por sus inconvenientes y muchas dificultades no se usa este procedimiento, prefiriéndose otros sistemas de cimentaciones tales como pilote, aire comprimido, etc., que lo ha desplazado por completo, y es raro que cualquier tratado de técnica constructiva moderno, lo incluya en su índice.

IV. Cálculo de dimensiones

CALCULO DE LA ARMADURA DE UN CIMIENTO

Dado el carácter eminentemente práctico de la presente monografía, y con el deseo de que la misma llegue a aquellas personas que por razón de su oficio no hayan penetrado nunca en los intrincados laberintos de las fórmulas matemáticas, las eludiremos en lo posible, resolviendo la mayoría de los casos, mediante sencillas operaciones aritméticas, o mediante tablas, como las presentadas a continuación. Con las mismas resolveremos, en un instante, la losa cuadrada que necesitamos, el mínimo de hierro y el calibre de que está compuesta la armadura; su espesor, y la carga admisible que la losa resistirá, teniendo en cuenta la resistencia que por centímetro cuadrado tiene un terreno.

TABLAS PARA EL CALCULO DE LOSAS DE HORMIGON ARMADO PARA CIMIENTOS

Resistencia del terreno = 0'5 Kg/cm² **TABLA 9**

Dimensiones de la losa metros	Espesor de la losa cm.	N.° barras cruzadas, cantidad y diámetro	Carga máxima admisible en Kgs.
1'50 × 1'50	25	5 de 12 Ø mm.	10.000
1'75 × 1'75	25	6 de 15 Ø mm.	12.000
2'— × 2'—	28	7 de 18 Ø mm.	19.000
2'25 × 2'25	30	7 de 18 Ø mm.	22.000
2'50 × 2'50	30	9 de 18 Ø mm.	24.000
2'75 × 2'75	32	11 de 18 Ø mm.	30.000
3'— × 3'—	38	10 de 22 Ø mm.	36.000

Resistencia del terreno = 1 Kg/cm² **TABLA 10**

Dimensiones de la losa metros	Espesor de la losa cm.	N.° barras cruzadas, cantidad y diámetro	Carga máxima admisible en Kgs.
0'90 × 0'90	25	3 de 12 ∅ mm.	7.500
1'— × 1'—	25	4 de 12 ∅ mm.	10.000
1'25 × 1'25	25	6 de 12 ∅ mm.	13.500
1'50 × 1'50	28	7 de 15 ∅ mm.	21.000
1'80 × 1'80	32	7 de 18 ∅ mm.	30.000
2'— × 2'—	38	9 de 18 ∅ mm.	40.000
2'25 × 2'25	38	8 de 22 ∅ mm.	46.000
2'50 × 2'50	40	9 de 22 ∅ mm.	52.000
2'75 × 2'75	45	8 de 25 ∅ mm.	65.000
3'— × 3'—	48	11 de 25 ∅ mm.	80.000
3'25 × 3'25	50	10 de 28 ∅ mm.	95.000
3'50 × 3'50	55	11 de 28 ∅ mm.	112.000

Resistencia del terreno = 1'50 Kg/cm² **TABLA 11**

Dimensiones de la losa metros	Espesor de la losa cm.	N.° barras cruzadas, cantidad y diámetro	Carga máxima admisible en Kgs.
0'90 × 0'90	25	5 de 12 ∅ mm.	12.500
1'— × 1'—	25	7 de 12 ∅ mm.	16.000
1'25 × 1'25	25	9 de 12 ∅ mm.	20.000
1'50 × 1'50	32	9 de 15 ∅ mm.	32.000
1'80 × 1'80	35	9 de 18 ∅ mm.	46.000
2'— × 2'—	42	8 de 22 ∅ mm.	62.000
2'25 × 2'25	42	10 de 22 ∅ mm.	71.000
2'50 × 2'50	46	11 de 22 ∅ mm.	80.000
2'75 × 2'75	50	9 de 28 ∅ mm.	100.000
3'— × 3'—	55	10 de 28 ∅ mm.	124.000
3'25 × 3'25	60	13 de 28 ∅ mm.	150.000
3'50 × 3'50	62	14 de 28 ∅ mm.	160.000

Resistencia del terreno = 2 Kg/cm² **TABLA 12**

Dimensiones de la losa metros	Espesor de la losa cm.	N.° barras cruzadas, cantidad y diámetro	Carga máxima admisible en Kgs.
0'90 × 0'90	25	6 de 12 ∅ mm.	16.000
1'— × 1'—	25	9 de 12 ∅ mm.	21.000
1'25 × 1'25	28	11 de 12 ∅ mm.	28.000
1'50 × 1'50	35	10 de 15 ∅ mm.	43.000
1'80 × 1'80	40	10 de 18 ∅ mm.	62.000
2'— × 2'—	45	13 de 18 ∅ mm.	84.000
2'25 × 2'25	47	11 de 22 ∅ mm.	95.000
2'50 × 2'50	50	13 de 22 ∅ mm.	109.000
2'75 × 2'75	55	10 de 28 ∅ mm.	137.000
3'— × 3'—	62	12 de 28 ∅ mm.	168.000
3'25 × 3'25	68	15 de 28 ∅ mm.	200.000
3'50 × 3'50	72	17 de 28 ∅ mm.	238.000

Resistencia del terreno = 2'5 Kg/cm² **TABLA 13**

Dimensiones de la losa metros	Espesor de la losa cm.	N.° barras cruzadas, cantidad y diámetro	Carga máxima admisible en Kgs.
0'90 × 0'90	25	8 de 12 ∅ mm.	20.000
1'— × 1'—	25	11 de 12 ∅ mm.	27.000
1'25 × 1'25	30	12 de 12 ∅ mm.	35.000
1'50 × 1'50	38	11 de 15 ∅ mm.	55.000
1'80 × 1'80	42	11 de 18 ∅ mm.	78.000
2'— × 2'—	45	13 de 18 ∅ mm.	90.000
2'25 × 2'25	52	13 de 22 ∅ mm.	120.000
2'50 × 2'50	55	15 de 22 ∅ mm.	137.000
2'75 × 2'75	60	14 de 25 ∅ mm.	173.000
3'— × 3'—	68	14 de 28 ∅ mm.	212.000
3'25 × 3'25	72	17 de 28 ∅ mm.	255.000
3'50 × 3'50	77	16 de 30 ∅ mm.	300.000

Resistencia del terreno = 3 Kg/cm² **TABLA 14**

Dimensiones de la losa metros	Espesor de la losa cm.	N.° barras cruzadas, cantidad y diámetro	Carga máxima admisible en Kgs.
0'90 × 0'90	25	9 de 12 Ø mm.	24.000
1'— × 1'—	30	11 de 12 Ø mm.	32.000
1'25 × 1'25	32	13 de 12 Ø mm.	42.000
1'50 × 1'50	40	12 de 15 Ø mm.	66.000
1'80 × 1'80	45	13 de 18 Ø mm.	94.000
2'— × 2'—	50	13 de 18 Ø mm.	110.000
2'25 × 2'25	55	14 de 22 Ø mm.	146.000
2'50 × 2'50	62	14 de 25 Ø mm.	185.000
2'75 × 2'75	65	13 de 28 Ø mm.	208.000
3'— × 3'—	70	15 de 28 Ø mm.	256.000
3'25 × 3'25	77	14 de 30 Ø mm.	308.000
3'50 × 3'50	80	16 de 30 Ø mm.	336.000

Resistencia del terreno = 4 Kg/cm² **TABLA 15**

Dimensiones de la losa metros	Espesor de la losa cm.	N.° barras cruzadas, cantidad y diámetro	Carga máxima admisible en Kgs.
0'90 × 0'90	28	11 de 12 Ø mm.	32.000
1'— × 1'—	32	12 de 12 Ø mm.	43.000
1'25 × 1'25	35	14 de 12 Ø mm.	56.000
1'50 × 1'50	40	16 de 15 Ø mm.	88.000
1'80 × 1'80	50	15 de 18 Ø mm.	126.000
2'— × 2'—	52	14 de 22 Ø mm.	148.000
2'25 × 2'25	60	14 de 25 Ø mm.	196.000
2'50 × 2'50	67	16 de 25 Ø mm.	250.000
2'75 × 2'75	70	15 de 28 Ø mm.	280.000
3'— × 3'—	77	18 de 28 Ø mm.	345.000
3'25 × 3'25	85	17 de 30 Ø mm.	415.000
3'50 × 3'50	87	18 de 30 Ø mm.	454.000

Resistencia del terreno = 5 Kg/cm^2 TABLA 16

Dimensiones de la losa metros	Espesor de la losa cm.	N.° barras cruzadas, cantidad y diámetro	Carga máxima admisible en Kgs.
0'90 × 0'90	30	10 de 15 ∅ mm.	40.000
1'— × 1'—	32	12 de 15 ∅ mm.	54.000
1'25 × 1'25	35	14 de 15 ∅ mm.	71.000
1'50 × 1'50	42	18 de 15 ∅ mm.	111.000
1'80 × 1'80	50	18 de 18 ∅ mm.	159.000
2'— × 2'—	55	16 de 22 ∅ mm.	186.000
2'25 × 2'25	62	19 de 22 ∅ mm.	247.000
2'50 × 2'50	70	17 de 28 ∅ mm.	316.000
2'75 × 2'75	72	18 de 28 ∅ mm.	354.000
3'— × 3'—	80	20 de 28 ∅ mm.	435.000
3'25 × 3'25	87	19 de 30 ∅ mm.	525.000
3'50 × 3'50	90	20 de 30 ∅ mm.	573.000

FORMULA RANKINE

Uno de los procedimientos sencillos para saber si una cimentación o, mejor dicho, el terreno, soportará o no el edificio que pensamos construir y que nos determinará, por medio del cálculo, la cantidad de kilos por cm^2, es la fórmula de Rankine, cuya expresión es:

$$P = H \times d \times k$$

en la que

P es la carga cifrada en kilos que un terreno puede soportar por cm^2.
H la profundidad en metros de la cimentación.
d el peso de la tierra en toneladas por metro cúbico (también densidad).
k es un coeficiente constante hallado según el ángulo de rozamiento o talud natural del terreno.

La Tabla núm. 19, en la que se expresan los valores **d** y **k**, ayudará al constructor en cuantos problemas de cimentación le salgan al paso. Su manejo es sencillísimo, como se verá luego.

COEFICIENTES PARA LA FORMULA RANKINE **TABLA 17**

Naturaleza del terreno	Valor d T/m³	Valor k
Tierra franca	1'50	2'91
Gravilla humedecida	1'85	0'353
Greda y arcilla compacta ·...	1'90	20'06
Afirmado humedecido	1'60	0'735 a 1'10
Terrenos muy asentados	1'80	9'73
Agua	1'—	0'100
Tierra vegetal ligera y húmeda	1'40	1'45 a 1'60
Cieno fluido	1'65	0'151
Arena pura y seca	1'90	0'274
Arcilla humedecida	1'98	0'217 a 0'257

Téngase en cuenta que para cargas de seguridad sólo se admitirá la décima parte de la carga límite que hemos calculado.

Luego, si tenemos realizada una cimentación en tierra franca cuya profundidad es de 0'70 m, tendremos:

$$\mathbf{P = H \times d \times k}$$

y sustituyendo por cifras:

$$\mathbf{P} = 0'70 \times 1'50 \times 2'91 = \mathrm{Kg/cm^2}$$

Y como la décima parte de 3'05 es 0'30, obtendremos que la resistencia del terreno por centímetro cuadrado es 0'30 Kg.

CIMENTACION ESCALONADA

Toda superficie de asiento de los cimientos, o sea la cara inferior en que se apoya sobre el terreno, deberá ser siempre un plano perfectamente perpendicular a la dirección de las fuerzas que gravitan sobre él, ya que de otra forma la cimentación estaría expuesta al deslizamiento.

De acuerdo con este principio y en el caso en que sea necesario cimentar en terrenos inclinados, el fondo de los mismos no será ni un plano inclinado ni un plano horizontal, sino una serie de planos horizontales a distinta altura, tal como se detalla en la figura 121.

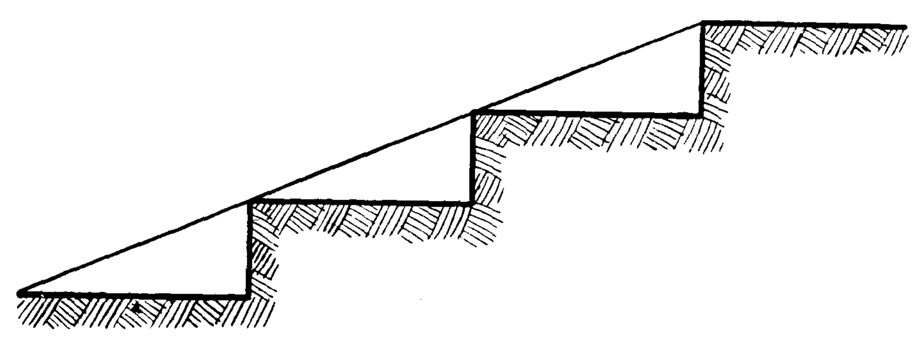


Figura 121

SECCION ESCALONADA

Uno de los factores más importantes para la estabilidad de los edificios, después de la consistencia del terreno, es el **zampeado,** el cual tiene como misión repartir la carga del edificio sobre una base mayor, disminuyendo con esto la compresión vertical y permitiendo construir sobre un terreno poco resistente.

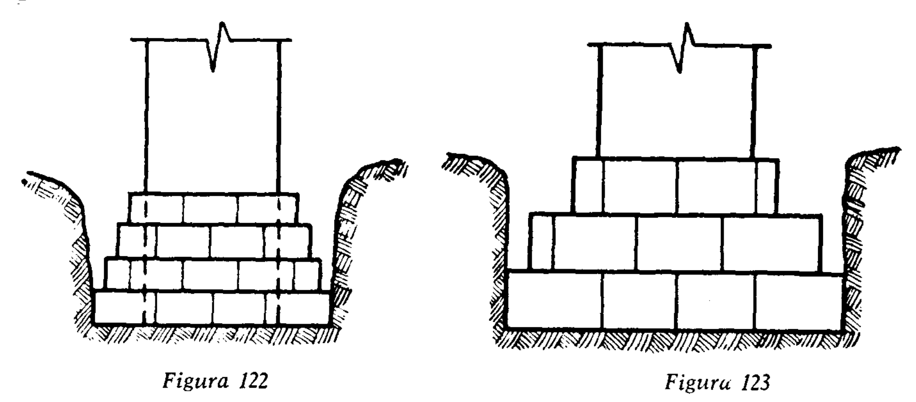


Figura 122 *Figura 123*

Pero para construir un zampeado no basta darle la superficie calculada, sino que es preciso llegar hasta ella (contando desde el muro) sin crear puntos débiles, lo que deberá hacerse de una forma gradual y seguir el procedimiento señalado en la figura 122.

Si se dispone de piedra dura y la cimentación se resuelve mediante sillería, la superficie de asiento puede escalonadamente aumentarse, disponiendo en cada una rezapo consistente en un tercio de la longitud de cada pieza (fig. 123).

SECCION TRONCO-PIRAMIDAL

Este sistema de cimentación aislada cumple la misma misión que la anterior y generalmente es para elementos muy cargados y de una superficie reducida, por lo que el cimiento debe disponerse de forma que la carga se reparta (igual que en el sistema anterior) en la mayor superficie posible. Esto puede solucionarse dando al cimiento una sección tronco-piramidal, como ya se vio en la figura 28 en la que el bloque **B** tenía por misión trasladar la carga **P** que actúa sobre el pilar **A** a una placa **C.**

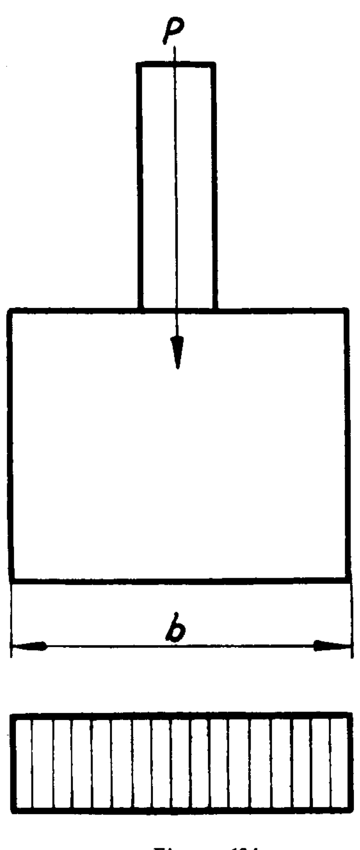


Figura 124

CARGA EXCENTRICA

El sistema de cálculos de cimientos ordinarios de carga centrada (figura 124) se establece mediante la fórmula

$$\sigma = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{b} \times \mathbf{l}}$$

en la que

σ (letra griega sigma) es la resistencia que por centímetro cuadrado tiene el terreno;

P la carga total que actúa sobre el mismo;

b el ancho del cimiento, y

l la longitud que, en el caso de cimientos continuos, se refiere a un metro de pared.

Ahora bien, si la carga vertical **P** actúa fuera del centro del cimiento, como por ejemplo en la figura 125, en que el eje del pilar está a una distancia **d** del eje del cimiento, nos encontramos en el caso de una **carga excéntrica,** por lo que la presión que el pilar ejerce sobre un lado de la cimentación será mayor que sobre el otro. En este caso, el terreno trabajará a dos coeficientes distintos que encontraremos por las siguientes fórmulas:

$$\sigma_1 = \frac{P}{b \times l} \left(1 + \frac{6d}{b} \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{P}{b \times l} \left(1 - \frac{6d}{b} \right)$$

Estas fórmulas son válidas mientras la excentricidad **d** sea inferior a 1/6 del ancho del cimiento, o sea **d** menor **b** : 6. Cuando esta excentricidad es mayor, como en el caso de la figura 126, entonces la presión en el extremo que apoya el muro o pilar debe calcularse por la siguiente fórmula:

$$\sigma_1 = \frac{2\ P}{3 \times a \times l}$$

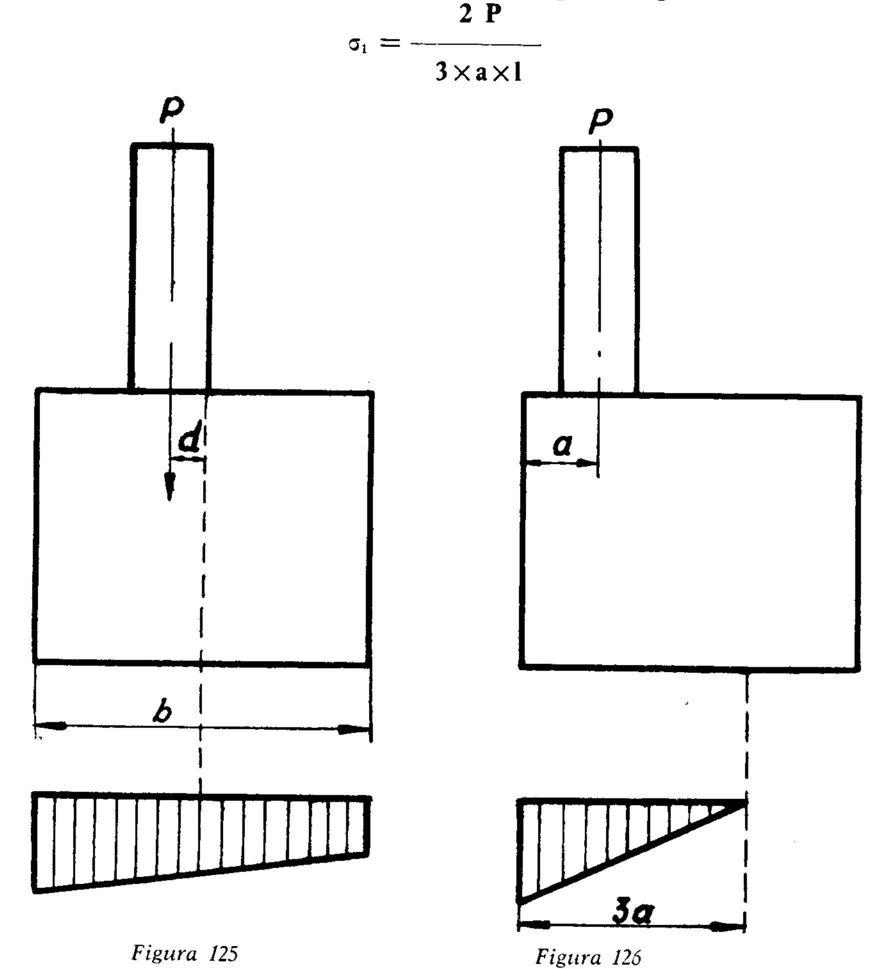


Figura 125 *Figura 126*

en la que **a** es la distancia del eje del pilar al extremo en el que se calcula el coeficiente de trabajo a que se somete el terreno, tal como puede verse en la citada figura 126.

Cuando el lector se encuentre con algún caso de carga excéntrica para cimientos, procederá a calcularlo como si se tratara de un cimiento ordinario y, una vez determinadas sus dimensiones, calculará con las fórmulas que acabamos de dar, a qué coeficiente de trabajo queda sometido el terreno según sean las condiciones de excentricidad. Si resulta superior al que puede soportar el terreno por su naturaleza, se aumentarán las dimensiones del cimiento hasta que el terreno esté sometido por el cimiento a un coeficiente de trabajo adecuado a su naturaleza.

CALCULO DE POZOS

Generalmente van destinados a cimentaciones para pilares, cuyo cálculo se realiza de forma parecida a «la anchura y profundidad de los cimientos» estudiados en el capítulo I, teniendo en cuenta la diferencia que entre una y otra superficie existe.

Veamos un ejemplo:

Se desea saber el cimiento necesario para un pilar de ladrillo de 60 × 60 cms cargado con 35.000 Kg, en un terreno cuyo coeficiente de trabajo es de 2 Kg por centímetro cuadrado.

Operaremos de la siguiente forma:

Carga del pilar	35.000 Kg
10 por 100 peso propio	3.500 »
	38.500 Kg

por lo que la superficie necesitaría para el cimiento, teniendo en cuenta que el terreno resiste 2 Kg por centímetro cuadrado, serán:

$$\frac{38.500}{2} = 19.250 \text{ cm}^2$$

Como el cimiento es circular y sabemos que el área del círculo es π $\mathbf{r}^2$ obtendremos:

$$\mathbf{r}^2 = \frac{\text{superficie}}{3'1416} \text{ y}$$

$$\mathbf{r} = \sqrt{\frac{\text{superficie}}{3'1416}}$$

y como nos interesa saber el diámetro del cimiento tendremos:

$$\mathbf{d} = \sqrt{\frac{\text{superficie} \times 4}{3'1416}}$$

Al multiplicar **r** por 2 hallamos el diámetro y debemos multiplicar la superficie por 4, porque al sacar la raíz cuadrada queda 2, y así subsiste la igualdad.

Aplicando esta fórmula al ejemplo supuesto tendremos:

$$\mathbf{d} = \sqrt{\frac{19.250 \times 4}{3'1416}} = \sqrt{\frac{77.000}{3'1416}} =$$

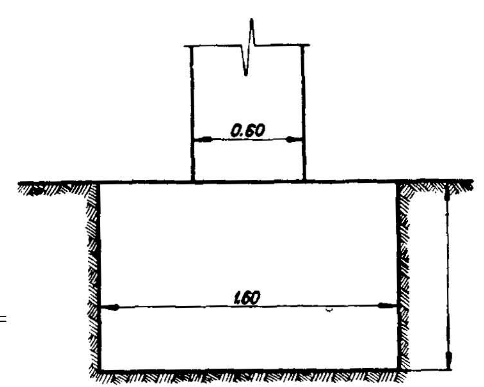
$= \sqrt{24.509} = 156$ centímetros, que redondearemos por exceso, cifrando en 1'60 metros de diámetro.

Su profundidad sería:

1'60 — 0'60 = 1 metro

como puede verse en la figura 127.

Pero siguiendo el criterio anteriormente dicho, y con objeto de eliminar en lo posible todo proceso matemático, presentamos a continuación la Tabla núm. 20 para el cálculo de pozos de cimientos para pilares.



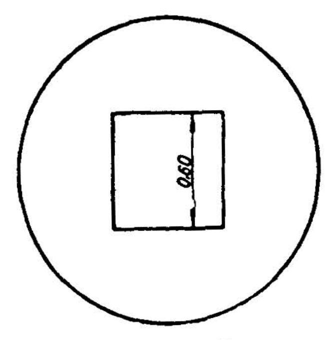


Figura 127

Determinación del ancho del pozo (diámetro) teniendo en cuenta la resistencia del terreno en Kg/cm² y la carga en toneladas del pilar

TABLA 18

Diámetro del pozo	Carga en toneladas que soporta un terreno con resistencia expresada en Kg. por cm²									
	0'50	1,—	1,50	2,—	2,50	3,—	3,50	4,—	4,50	5,—
0,80	2,3	4,6	6,9	9,2	11,5	13,8	16,1	18,4	20,7	23,—
1,—	3,5	7,2	10,7	14,3	17,8	21,4	25,—	28,6	32,2	116,—
1,20	5,1	10,3	15,4	20,6	25,7	30,8	36,—	41,1	46,3	143,—
1,40	7,—	14,—	21,—	28,—	35,—	42,—	49,—	56,—	63,—	35,8
1,60	9,1	18,2	27,4	36,5	45,6	54,8	64,—	73,1	82,2	51,5
1,80	11,6	23,2	34,7	46,3	58,—	69,5	81,1	92,6	104,—	70,—
2,—	14,3	28,6	42,9	57,2	71,5	85,8	100,1	114,4	128,7	91,4
2,20	17,3	34,6	51,9	69,2	85,5	103,8	121,1	138,5	148,8	173,—
2,40	20,6	41,2	61,8	82,4	03,6	123,6	144,2	164,8	185,4	206,—

V. Pilotes

En terrenos de escasa resistencia, en los que la zona para recibir las cargas está a gran profundidad o cuando el terreno está empapado de agua, se recurre al sistema de **pilotaje.** Tiene por misión transmitir las cargas que gravitarían sobre un estrato del terreno a otro de mayor resistencia, ahorrando la total excavación para la búsqueda del mismo y el mayor volumen de cimentación.

Los pilotes se clasifican como sigue:

a) **pilotes de madera** . . . .
- de punta
- de tornillo

b) **pilotes metálicos** . . . . .
- de disco
- de punta
- de tornillo

c) **pilotes de hormigón** . . . .
- en masa
- armados
- prefabricados en taller
- prefabricados «in situ»
- pretensados

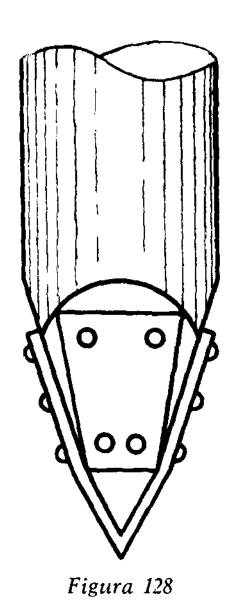


Figura 128

PILOTES DE MADERA

Son árboles derechos, generalmente de encina, la que se escoge sin nudos, y con un diámetro de 20 a 30 cm. Para protegerlos de la humedad se les hace un revestimiento previo con hormigón, hierro o substancias alquitranadas, etc.

Su parte inferior termina en punta, cuya longitud varía desde su propio diámetro al doble del mismo. A la misma se le adapta unas chapas de hierro en la forma que puede verse en la figura 128. La parte superior es protegida con una arandela de hierro con el fin de que cuando se procede a su hincamiento, el martinete no desgaje la madera.

Los pilotes de madera provistos de tornillos se utilizan generalmente para el pilotaje en sentido oblicuo.

PILOTES METALICOS

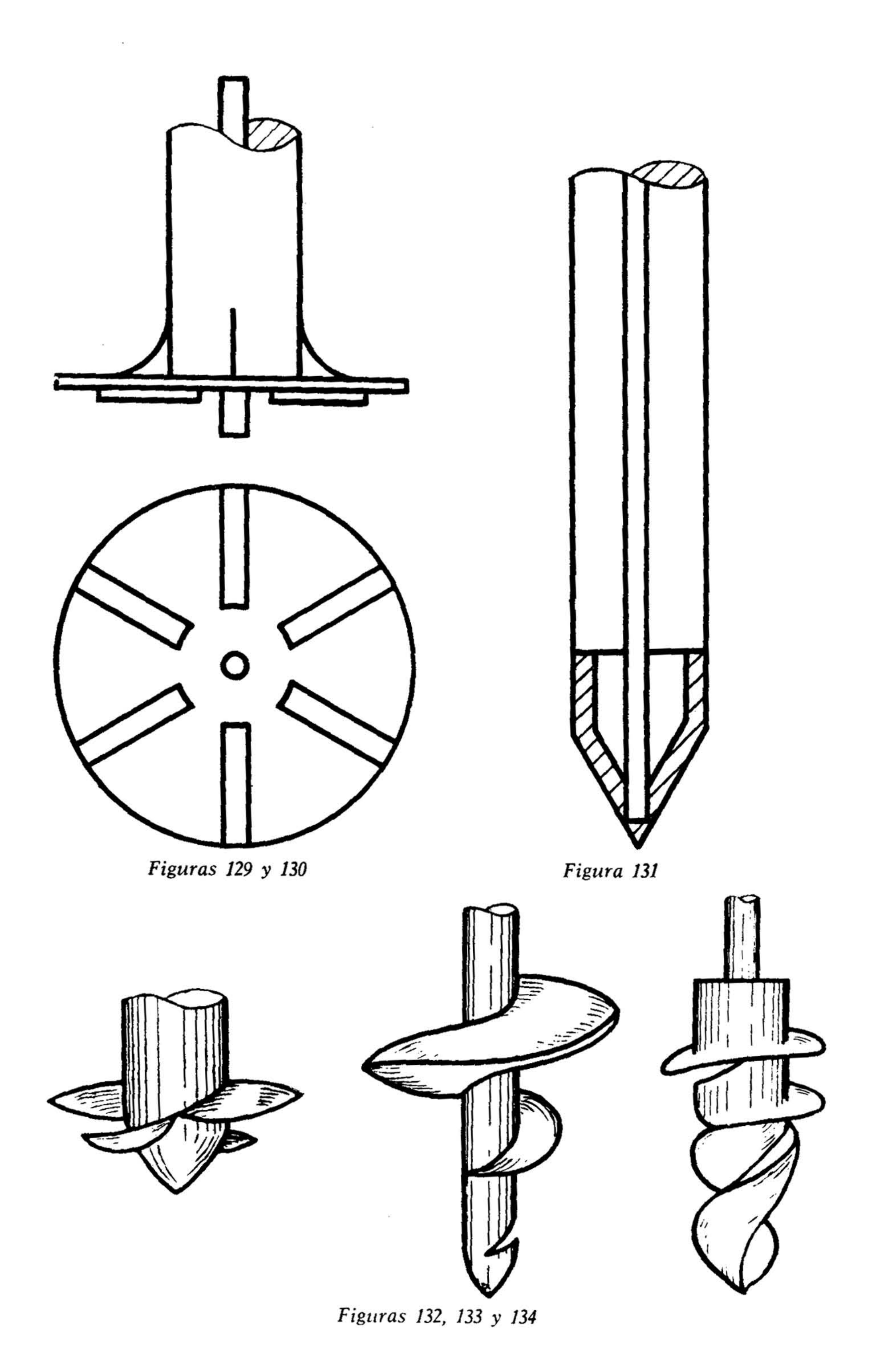
Como ya dijimos anteriormente, los pilotes metálicos pueden ser de disco, de punta o de tornillo.

Los de **disco** son muy utilizados en la construcción de las cimentaciones de puentes ferroviarios. Su parte inferior está formada por una plancha circular (disco) reforzada por medio de nervios, con un agujero en el centro (figs. 129 y 130), por el que se inyecta agua a presión para hacer la abertura por la que se introduce el pilote.

El de **punta** (fig. 131) se clava por precursión o también por inyección o presión por el agujero central de que está provisto.

Los pilotes de **tornillo** son muy utilizados en terrenos sujetos a cambios de humedad y sequedad; su punta (figs. 132, 133 y 134) va provista de 2 a 3 filetes en espiral de gran saliente, que al hacer girar el pilote, lo introducen en el terreno.

Este tipo de pilote está en función con la dureza del terreno, disminuyendo el diámetro de la hélice cuanto más aumenta aquélla.



Figuras 129 y 130

Figura 131

Figuras 132, 133 y 134

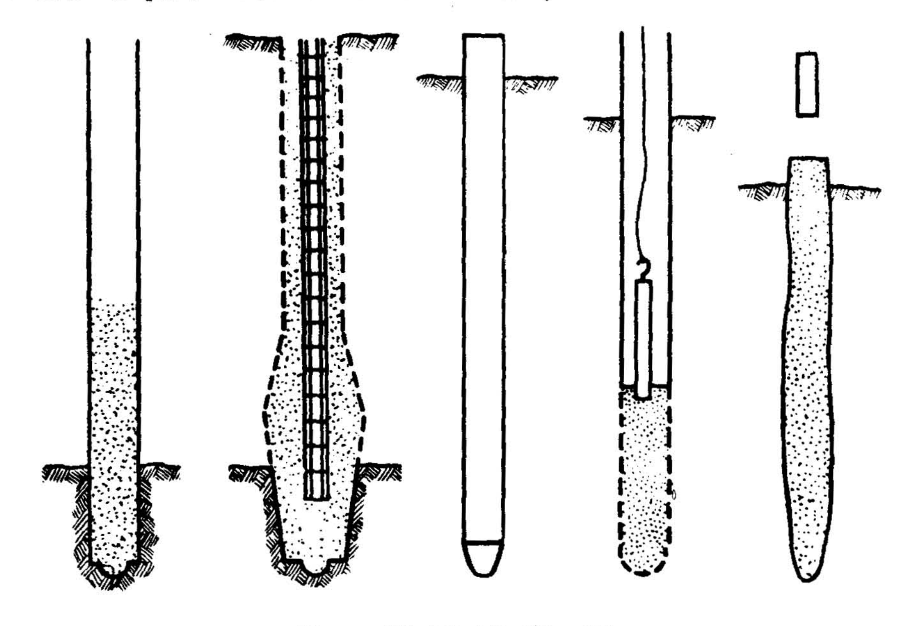
PILOTES DE HORMIGON

En un principio se creyó que a la acción de los martinetes de hincamiento; el hormigón se desintegraría. La práctica demostró lo contrario. Los pilotes de hormigón se utilizan sólo en pequeñas profundidades, existiendo infinidad de tipos, de cuya nomenclatura dimos cuenta al principio del presente capítulo y de los cuales trataremos separadamente según marca o denominación.

Pilote «Vibro»

Son los formados mediante tubos de un largo máximo de 20 metros. Su hinca es por medio de martinetes, llevando en su interior una armadura compuesta de 4 varillas de 20 mm ⌀ Son muy utilizados en Inglaterra (figs. 135 y 136).

Otro pilote similar al SIMPLEX es el «Strauss», diferenciándose únicamente en que la introducción del tubo se ejecuta mediante taladro.



Figuras 135, 136, 137, 138 y 139

Pilote «Simplex»

Es muy utilizado en los Estados Unidos. Consiste en clavar un tubo de acero provisto, en su parte inferior, de una punta resistente. La forma de operar es la siguiente: Se va echando el hormigón al mismo tiempo que se

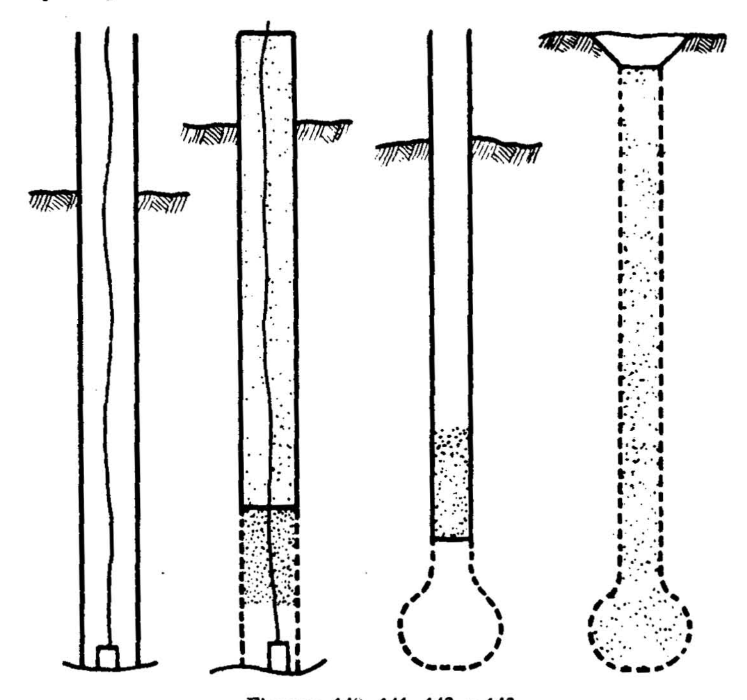
va extrayendo el pilote poco a poco y a medida que se van sucediendo las tongadas, las que se apisonan mediante el pisón suspendido de un cable. En las figuras 137, 138 y 139 puede verse el hincado, retirado y como queda finalmente el pilote.

A veces, a la base se le da una mayor superficie, denominándose en este caso Pilote «Simplex Prensado».

Tiene el inconveniente de que la tarea de extraer el tubo se hace penosa y difícil y dificultándose, caso de tener armadura, su apisonado hasta el punto de que puede modificarse su posición.

Pilote «Wilhem»

Este es un sistema perfeccionado del «Simplex», en el sentido de darle más superficie a la base, para lo que se utiliza un explosivo que al estallar hace un cono esférico, por donde se introduce el hormigón (figuras 140, 141, 142 y 143).



Figuras 140, 141, 142 y 143

Su proceso de construcción es el siguiente:

1.° En el terreno se hinca un tubo de acero en cuyo seno inferior se deposita una carga de dinamita protegida con un tablero de madera.

2.º Se rellena el tubo con hormigón fluido.

3.º Se extrae un poco de tubo y se provoca la explosión, a cuyo efecto el terreno se comprime, produciéndose el vano esférico mencionado anteriormente, y que pasa a ocupar el hormigón fluido.

4.º Se rellena el tubo, que se va sacando poco a poco hasta la formación del pilote.

Pilote «Radio»

Es uno de los más usados en España. La perforación se efectúa como si se tratara de un sondeo de gran diámetro, con diversos elementos, de forma que se van conociendo las diversas zonas de terreno que se van atravesando, con lo que se adapta la longitud del pilote a la resistencia de éstos.

Una vez perforado, se coloca la armadura y acto seguido se rellena con hormigón mediante una cuchara especial, cerrada en su extremo inferior por una válvula automática que se abre cuando se apoya en el fondo, con lo que se evita que el hormigón se mezcle con el agua que pueda existir entre el tubo y la forma. Se va rellenando por partes y lentamente se apisona a la vez que se va retirando el tubo de forma, con lo que el pilote no sale cilíndrico sino con protuberancias que son como las resultantes de su adherencia en el terreno.

El diámetro de los tubos es entre 35 y 45 cm, lo que resulta para el pilote de 40 a 60 cm según el terreno y sus características.

Para terrenos de poca consistencia son de gran aplicación.

Pilote «Derquí»

Otro tipo de pilote de los más empleados en España es el «Derquí». Sus características corresponden al de tipo Strauss, aunque más perfeccionado. El hormigonado se efectúa mediante una campana de cierre estanco. Las tuberías de moldeo y perforación se recuperan por fases.

El vertido del hormigón en el interior del tubo se efectúa disponiendo una tolva o campana en su parte superior con cierre totalmente estanco y el llenado se realiza sin disgregación del árido, con lo que se logra una mayor homogeneidad del material.

Otro tipo de pilote Derquí es el conocido con el nombre de «**con estroma**» y que es muy adecuado para terrenos muy blandos, caracterizándose por tener la base ensanchada y una doble armadura, la normal y otra de tela metálica cuya forma recuerda los antiguos corsés femeninos y que se coloca después de vertido el hormigón en la base ampliada. Se emplean, como puede verse en las figuras 144, 145 y 146, dos tubos de diferente diámetro, el mayor para dar a la base el ensanche necesario (fig. 144), y una vez hormigonado éste y colocado el corsé de tela metálica se coloca el segundo tubo (figs. 145). A medida que se va hormigonando se retiran

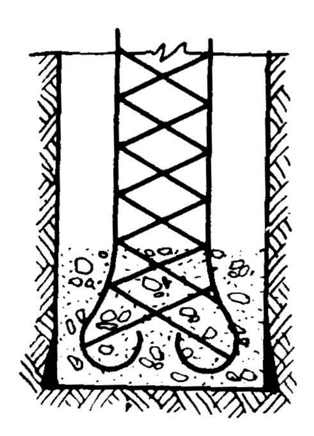


Figura 144

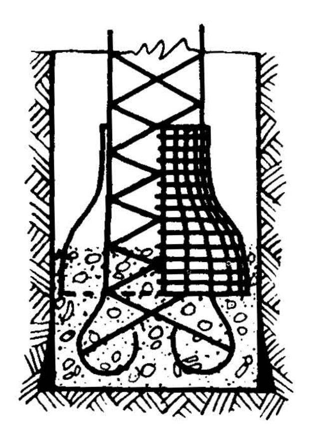


Figura 145

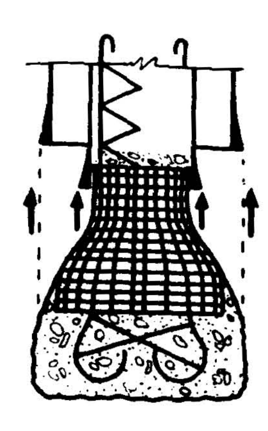


Figura 146

los dos tubos, realizando el vertido del hormigón como en el pilote descrito en primer lugar por medio de la tolva o campana Derquí.

Para cargas muy próximas entre sí y fuertemente concentradas, se utiliza el pilote Derquí con **ensanche excavado,** cuyo procedimiento consiste, mediante trépanos ya rotativos, ya por percusión y con tubos, llegar hasta la profundidad conveniente a la del pilote, menos dos metros a fin de poder ensanchar la base.

DESMOCHADO DE PILOTES

El desmochado de los pilotes consiste en cortarlos a nivel de la rasante del terreno.

COLOCACION DE PILOTES

Los pilotes se colocan al tresbolillo o formando otras figuras semejantes. De entre ellos se retira la tierra removida, cuyos huecos se rellenan con hormigón. Posteriormente se forma (enmarcándolos a todos) un emparrillado de madera chapada, sobre la que se apoya toda la construcción o edificio; algo similar a lo representado en la figura 147.

Para mayor facilidad de hincar el pilotaje oblicuamente, se usan pilotes de tornillo, que son los que, en vez de una punta característica, tienen un tornillo.

Si la longitud o la profundidad que hay que alcanzar es tal que no es posible contar con pilotes de madera de una sola pieza, pueden empalmarse dos, uniéndolas primero sólidamente con varillas de hierro y luego recubriéndolas con hormigón.

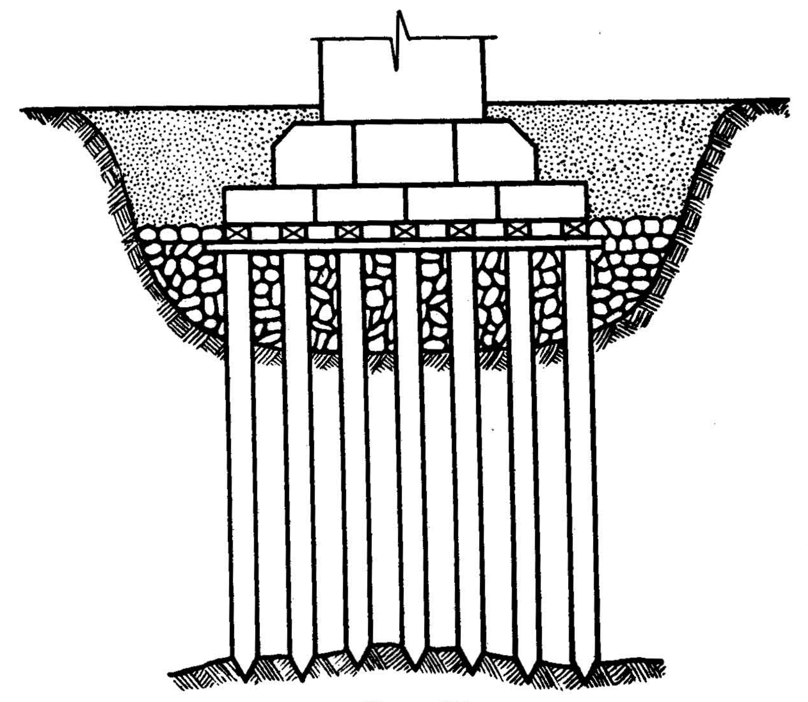


Figura 147

EXTRACCION DE PILOTES

La extracción de los pilotes se realiza generalmente sólo en los casos en que se han colocado de forma transitoria, pudiéndose realizar esta operación con un trozo de palanca (fig. 148) que, como podrá observar el lector, por uno de sus extremos tiene dispuesta una tenaza, un anillo de agarre o una cadena, según expresa la citada figura.

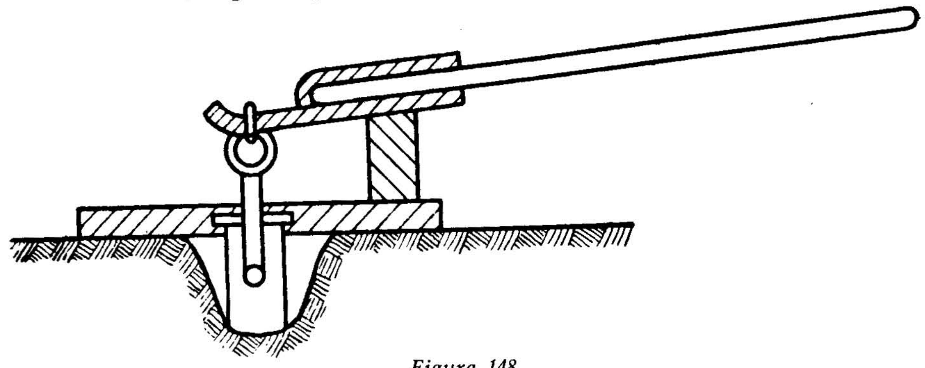


Figura 148

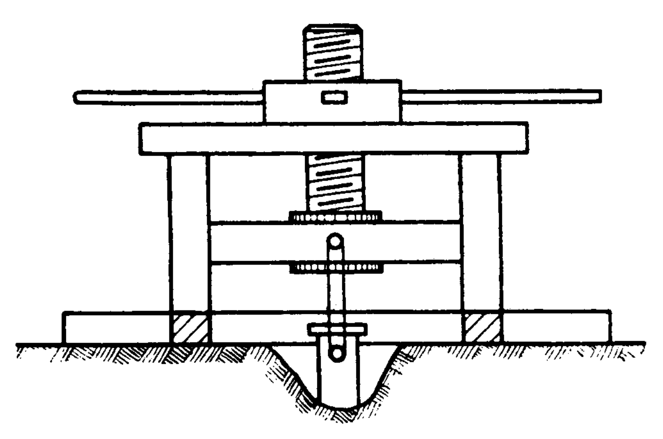


Figura 149

Otro procedimiento, que para pilotes de gran longitud es más eficaz, consiste en utilizar una prensa hidráulica (fig. 149) que colocada en forma fija permite un desarrollo de mayor fuerza extractora y es de fácil manejo.

También, en ciertas ocasiones, se utilizan explosivos.

CALCULO DE PILOTES

El cálculo de pilotes se realiza teniendo en cuenta:

a) Su construcción.

b) El transporte del taller a la obra por las vibraciones que sufre el material.

c) Su levantamiento por grúa.

d) Su hinca.

e) Las cargas a soportar.

Como regla general se puede decir que el cálculo se basa, principalmente, en los esfuerzos que sufre durante su transporte y la tensión producida al ser izado por la grúa para prepararlo a la hinca.

También, como es natural, entra en juego la sección del hormigón y del hierro de que está compuesta su armadura; así como también la transmisión de fuerzas por frotamiento con el terreno y presión de la punta. Aunque estas circunstancias quedarán perfectamente determinadas con pilotes y cargas de ensayo, empíricamente se puede tomar la de 1'2 toneladas por cada centímetro de longitud del pilote enteramente embutido en el terreno.

Una vez determinado el número de pilotes a colocar, será necesario determinar la forma de la losa sobre la que irá la construcción cuya forma geométrica se habrá escogido, partiendo de colocar los pilotes al tresbolillo, formar una figura (losa) cuadrada, rectangular o poligonal, según más interese en cada caso.

Despreciando el peso propio de la losa y el de la tierra superpuesta, se determinarán, para el cálculo de las mismas, los momentos y la reacción

que el pilote ejerce en su eje, pues es necesario tener muy en cuenta el esfuerzo cortante a que está sometida la losa.

Seguidamente y por las tablas, damos las diferentes medidas de las losas para cimentaciones con pilotes de hormigón armado y de madera. La carga concentrada es de 30 toneladas para los primeros y 15 para los segundos. La distancia entre ejes es de 0'90 y 0'75 respectivamente.

PILOTES DE HORMIGON ARMADO **TABLA 19**

LOSA	Toneladas Carga	Altura útil cm	Altura total cm	BARRAS		N.° de pilotes
				a	b	
Rectangular a = 1'50 m b = 0'90 m Columna 30 × 30	53	45 55 61	55 65 71	8 ∅ 16 6 » 16 5 » 16	4 ∅ 16 3 » 16 3 » 16	2
Triangular a = b = c = 2'— m Columna 30 × 30	80	45 53 61	55 63 71	10 ∅ 16 8 » 16 7 » 16		3
Cuadrada a = b = 1'50 Columna 40 × 40	105	43 50 60	53 60 70	17 ∅ 16 15 » 16 12 » 16	17 ∅ 16 15 » 16 12 » 16	4
Cuadrada a = b = 1'90 m Columna 40 × 40	130	58 65 75	68 75 85	17 ∅ 16 16 » 16 13 » 16	17 ∅ 16 16 » 16 13 » 16	5
Rectangular a = 2'40 m. b = 1'50 m Columna 45 × 55	156	65 75 85	75 85 95	16 ∅ 19 14 » 19 13 » 19	17 ∅ 16 15 » 16 13 » 19	6
Exagonal Distancia entre vértices a = 2'54 m Distancia entre bases b = 2'20 m Columna 50 × 50 m	181	70 80 85	80 90 95	13 ∅ 19 11 » 19 10 » 19	15 ∅ 19 13 » 19 12 » 19	7
Cuadrada a = b= 2'40 m. Columna 55 × 55 cm.	231	85 95 105	95 105 115	17 ∅ 19 16 » 19 14 » 19	17 ∅ 19 16 » 19 14 » 19	9

Rectangular a = 3'30 m b = 2'40 m Columna 68 × 68 cm	308 304 301	87'5 105 120	100 117'5 132'5	19 ∅ 22 16 » 22 14 » 22	11 ∅ 25 9 » 25 10 » 22	12
Rectangular a = 3'30 m b = 3'10 m Columna 60 cm. ∅	355 351 348	92'5 107'5 120	105 120 132'5	22 ∅ 22 18 » 22 16 » 22	22 ∅ 22 19 » 22 10 » 28	14
Cuadrada a = b = 3'30 m Columna 66 cm ∅	405 401 397	104 116'5 121'5	116'5 129 134	20 ∅ 25 23 » 19 12 » 28	20 ∅ 25 23 » 19 12 » 28	16
Rectangular a = 3'80 m b = 3'20 m Columna 66 cm ∅	450 446 441	116'5 121'5 136'5	129 134 149	24 ∅ 25 16 » 28 18 » 25	17 ∅ 25 15 » 25 18 » 22	18
Rectangular a = 4'20 m b = 3'30 m Columna 70 cm ∅	500 495 490	120 137'5 152'5	132'5 150 165	28 ∅ 25 25 » 25 12 » 28	20 ∅ 25 18 » 25 16 » 25	20

Para el cálculo de la anterior tabla se han empleado:
Coeficiente de trabajo del hormigón = 20 Kg/cm^2.
Coeficiente de trabajo del acero = 400 Kg/cm^2.
Coeficiente de esfuerzo cortante = 5 Kg/cm^2.

PILOTES DE MADERA

TABLA 20

LOSA	Toneladas Carga	Altura útil cm	Altura total cm	BARRAS		N.º de pilotes
				a	b	
Rectangular a = 1'37 m b = 0'76 m Columna 30 × 30 cm	26'5	33 30 37'5	33 40 47'5	6 » 16 8 ∅ 16 5 ∅ 16	4 ∅ 16 4 » 16 4 » 16	2
Triangular a = b = c = 1'80 m Columna 30 × 30 cm	39	30 37'5 45	40 47'5 55	7 ∅ 16 6 » 16 5 » 16		3

Tabla 20 (continuación)

Cuadrada a = b 1'37 m Columna 30 × 30 cm	52,5	33 37'5 45	43 47'5 55	12 ∅ 16 10 » 16 8 » 16	12 ∅ 16 10 » 16 8 » 16	4
Cuadrada a = b 1'72 Columna 40 × 40 cm	65	37'5 45 50	47'5 55 60	15 ∅ 16 12 » 16 11 » 16	15 ∅ 16 12 » 16 11 » 16	5
Rectangular a = 2'10 m b ≐ 1'35 m Columna 42 × 42 cm	78	45 50 57'5	55 60 67'5	11 ∅ 19 10 » 19 9 » 19	12 ∅ 16 11 » 16 10 » 16	6
Exagonal Distancia entre vértices a = 2'20 m Distancia entre bases b = 1'90 m Columna 38 × 38 cm	90	47'5 53 60'5	57'5 63 70'5	15 ∅ 16 13 » 16 11 » 16	15 ∅ 16 13 » 16 11 » 16	7
Cuadrada a = b = 2'10 m Columna 43 × 43 cm	115	53 58 65'5	63 68 75'5	17 ∅ 19 15 » 19 13 » 19	17 ∅ 19 15 » 19 13 » 19	9
Rectangular a = 2'85 m b = 2'10 m Columna 48 × 48 cm	152	63'5 71 81	76 83'5 93'5	14 ∅ 22 12 » 22 14 » 19	14 ∅ 19 13 » 19 14 » 16	12
Rectangular a = 2'85 m b = 2'65 m Columna 50 × 50 cm	176	63'5 71 81	76 83'5 93'5	13 ∅ 22 12 » 22 14 » 19	12 ∅ 22 11 » 22 13 » 19	14
Cuadrada a = b = 2'85 m Columna 55 × 55 cm	202	68'5 76 86	81 88'5 98'5	15 ∅ 22 14 » 22 12 » 22	15 ∅ 22 14 » 22 12 » 22	16
Rectangular a = 3'20 m b = 2'85 m Columna 55 × 55 cm	224	78'5 91 100	91 103'5 112'5	18 ∅ 22 12 » 25 14 » 22	13 ∅ 22 11 » 22 10 » 22	18
Rectangular a = 3'60 m b = 2'85 m Columna 60 × 60 cm	248	81 91 101	93'5 103'5 113'5	13 ∅ 28 15 » 25 18 » 22	15 ∅ 22 18 » 19 16 » 19	20

MAQUINARIA PARA LA HINCA DE PILOTES

Dará una idea bastante exacta de lo que es un **martinete** para la hinca de pilotes, nuestras figuras 150 y 151 que, aunque anticuado y rústico, es donde se basó lá moderna maquinaria que luego reseñaremos.

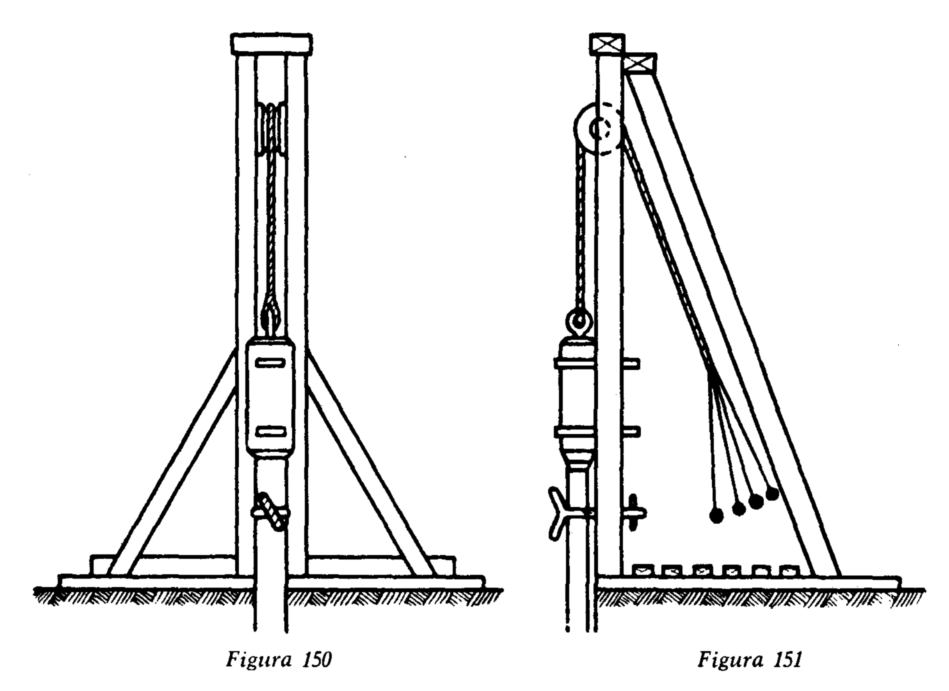


Figura 150 *Figura 151*

El martinete que describimos, es un aparato de madera cuya misión es hacer subir y bajar un peso que al oficiar de maza golpea la cabeza del pilote a cuyo esfuerzo el pilote se va hincando en el terreno.

Como más tarde veremos hay muchos tipos de martinetes, de trinquete de vapor, etc.; pero el que ahora nos ocupa es accionado mediante cuerdas de las que tira el obrero para que se eleve la maza, y luego soltarlas con lo que, la mayor, por su propio peso golpea la cabeza del pilote, hasta que se produce el **rechazo** y el pilote no puede entrar más, lo que quiere decir que se ha encontrado terreno firme.

En muchas ocasiones no se llega al verdadero rechazo, sino que se da una serie de golpes con un peso determinado y si no avanza, o tiene un avance limitado, se considera que se ha encontrado un terreno lo suficientemente firme para dar por terminada la operación. En toda esta maquinaria, repetimos, hay muchos tipos que van desde el casquillete doble de 25

metros de altura hasta el que va montado sobre camión, requiriéndose para su puesta a punto un corto espacio de tiempo.

Los martinetes de estructura metálica están compuestos de perfiles laminados con objeto de facilitar el montaje de las mismas facilitándose así un cómodo desplazamiento y su situación exacta en el punto o puntos de hincaduras es debido a unos rodillos que llevan en su base.

La energía motriz que empele a los martinetes es el vapor, merced a una caldera que llevan instalada en su base que genera una máquina y dos cabrias: una para el martillo o maza y la otra para el pilote. También, y además del vapor, puede utilizarse petróleo, electricidad, etc., siendo esta última (si se dispone de ella) la más recomendable, ya que evita humo y ruidos.

Una máquina de este tipo es el modelo XVII de la casa Franki. Puede hincar pilotes del diámetro usual con tubos de 52 centímetros de diámetro para las que se emplea una maza de 3.200 kilos en peso. La longitud máxima es de 9 metros con 70 centímetros, no obstante puede alcanzar los 18 metros mediante dispositivos de prolongación. El peso total de la máquina es de 15.000 kilos incluyendo la cabria con sus tres tambores acmetros; cabrias de 5 tambores y potencia del motor 130 CV.

Para pilotes de gran longitud, la casa antes citada fabrica otro tipo que denomina XIII y que es capaz para pilotes cualquiera que sea su diámetro. Las características de esta máquina son: Longitud máxima de pilotes = 30 metros; cabria de 6 tambores y potencia del motor 130 CV.

Desde el año 1887 se viene empleando con éxito, en los Estados Unidos, el martillo Warrington-Vulcan de simple efecto accionado por aire comprimido a media presión o vapor y cuya maza es un peso equivalente al del total de la máquina. Su conjunto se mueve por medio del aire comprimido o vapor, aunque en la caída de la maza sólo interviene la gravedad.

Siendo relativamente pequeña la altura desde donde cae el pisón, el pilote recibe el impacto sin que su cabeza se agriete ni dañe y sin que se produzca excesivo rechazo o vibración.

Una pequeña válvula de distribución y un pequeño paso de vapor o aire comprimido, actúan de reductores con lo que el gasto es el mínimo.

Los perfiles laminados de hierros en U constituyen la armazón de la máquina y disponiendo dos de ellos a uno y otro costado de la misma, actuarán de guía para el martillo.

Como es natural existen muchos modelos, pero para determinar el más conveniente hay que considerar las características del terreno y la relación entre peso del mazo y del pilote. Como regla general se estima que el mazo debe tener la suficiente energía para sobreponerse a la inercia del pilote, la fricción peculiar y resistencia elástica y el suficiente peso para que, durante el impacto, se reduzca al mínimo la inevitable pérdida de energía.

En las tablas 23 y 24 presentamos las características de los martillos a utilizar, según las condiciones del terreno, martillos y pilote empleado. Los martillos son de la casa Warrington-Vulcan.

CARACTERISTICAS DE MARTILLOS PARA HINCAR PILOTES

TABLA 21

Longitud pilote metros	Penetración	TIPO DE MARTILLO			
		PILOTE DE MADERA		PILOTE DE HORMIGON ARMADO	
		45 Kg/ml	90 kg/ml	225 kg/ml	590 kg/ml
7'50	1/2	m° — 2	m° — 2	m° — 2	m° — 1
	total	m° — 2	m° — 2	m° 2 — 1	m° — 1
15	1/2	m° — 2 - 1	m° — 2 - 1	m° 1	m° — 0
	total	—	m° — 1	—	m° — 0
22	1/2	—	m° — 1	—	—
	total	—	m° — 1 - 0	—	—

Este tipo de martillo es el indicado para atravesar tierras cuya composición sea la de arcillas duras, gravas compactas y arena con gran resistencia, y el de la tabla 24 es para terrenos de arcillas y gravas con resistencia normal.

CARACTERISTICA DE MARTILLOS PARA HINCAR PILOTES

TABLA 22

Longitud pivote	Penetración	TIPO DE MARTILLO			
		PILOTE DE MADERA		PILOTE DE HORMIGON ARMADO	
		45 kg/ml	90 kg/ml	225 kg/ml	590 kg/ml
7'50	1/2	m° — 3	m° 3 — 2	m° — 2	m° 1
	total	m° — 3	m° 3 — 2	m° 2	m° 1
15	1/2	m° 3 — 2	m° 2	m° 1	m° 1 — 0
	total	m° 2	m° 2—1	m° 1	m° 1 — 0
22'50	1/2		m° 1		m° 0
	total		m° 1		m° 0

Continuando con los martillos de la firma Warrington-Vulcan presentamos en la tabla 25 las referencias de tipos seriados, correspondiendo las energías indicadas a las del choque estando basadas en la carrera normal del martillo.

CARACTERISTICAS DE MARTILLOS PARA HINCAR PILOTES

TABLA 23

Tipo de martillo	n.° 0	n.° 1	n.° 2	n.° 3	n.° 4
Impactos por minuto	50	60	70	80	80
Diámetro émbolo mm.	420	340	265	200	100
Carrera émbolo mm.	1000	900	740	600	535
Presión vapor Kg/cm²	5'6	5'6	5'6	5'6	5'6
Longitud martillo mm.	4500	3900	3450	2850	2100
Peso total Kg.	8000	4300	3300	1850	700
Potencia CV	60	40	25	18	8
Volumen aire m² por mm.	23'55	15'82	9'40	6'12	1
Energía choque en Kg.	3412	2100	1016	508	115

Otro tipo similar al anterior es el de doble efecto con la ventaja de que el número de impactos es doble y su consumo de aire comprimido o vapor, mucho menor.

VI. Lesiones y reparación de cimientos

PELIGROS A QUE ESTAN EXPUESTAS LAS CIMENTACIONES

ASIENTOS

Todo edificio hace su asiento y es fácil de observar como en muchos edificios recién construidos aparecen fisuras y grietas que son fáciles de reparar y tapar. En construcción ocurre igual que en mecánica. Un motor nuevo recién salido de la fábrica, no da el mismo rendimiento como cuando ya lleva algún tiempo en movimiento; que es cuando por sí solo se ha terminado de ajustar y acoplar. Es decir que todo edificio se acopla, se ajusta, pues al fin y al cabo una casa no es más que una máquina de vivir, y que no se asombren los legos si, una vez terminada la obra, observan alguna que otra grieta por ahí.

Las grietas verdaderamente peligrosas y que reclaman con urgencia el maderamen espectacular del apeo, son aquellas de trazado parabólico que aparecen en las distintas fábricas y macizos con una inclinación aproximada de 45° (fig. 152).

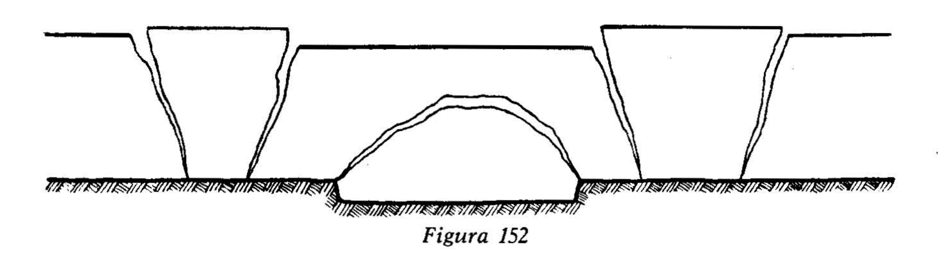


Figura 152

En las esquinas, la curvatura anterior se invierte en los paramentos, conservando sus características en la vertical del encuentro de paredes (figura 153).

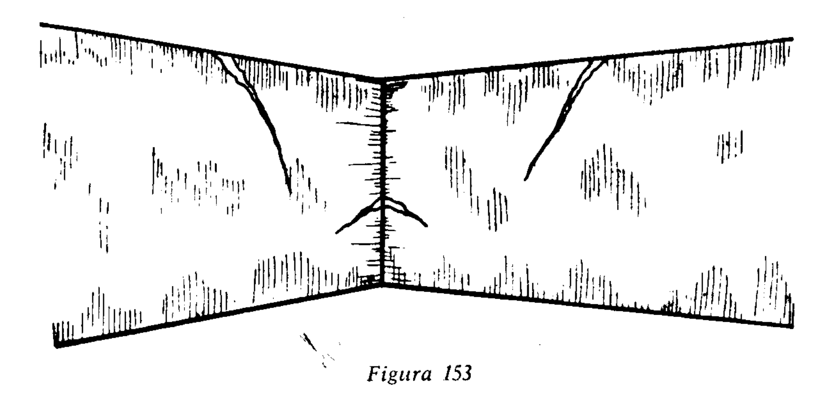


Figura 153

En las paredes con huecos o ventanales y puertas, las fisuras llevan otra dirección a las apuntadas, ya que éstas siguen el curso de los elementos más débiles. Si las cargas actúantes son concentradas en dos puntos, el caso es idéntico al de la viga simplemente apoyada y las grietas siguen la trayectoria del esfuerzo constante máximo (fig. 154).

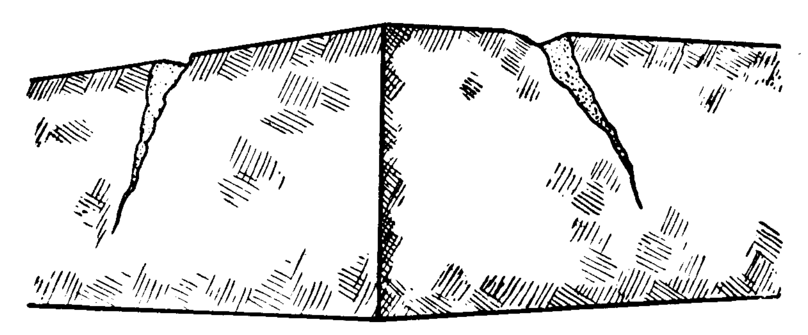


Figura 154

Ejemplo:

Lo difícil que resulta averiguar la causa de un asiento lo pude comprobar no hace mucho tiempo. Por un reconocimiento que se hicieron, jamás pudimos averiguar las causas que mediaron para que los pilares de la fachada lateral de un edificio destinado a almacén, recién construido, se desplazarán de su base un par de centímetros. Y sin embargo, todo estaba perfectamente: cimentación, terreno, armaduras... pero la grieta resultante estaba allí (más ancha de abajo que de arriba).

El edificio en cuestión, de estructura de hormigón armado, estaba construido con pilares de 4'20 metros de altura, distribuidos cada 4 metros eje.

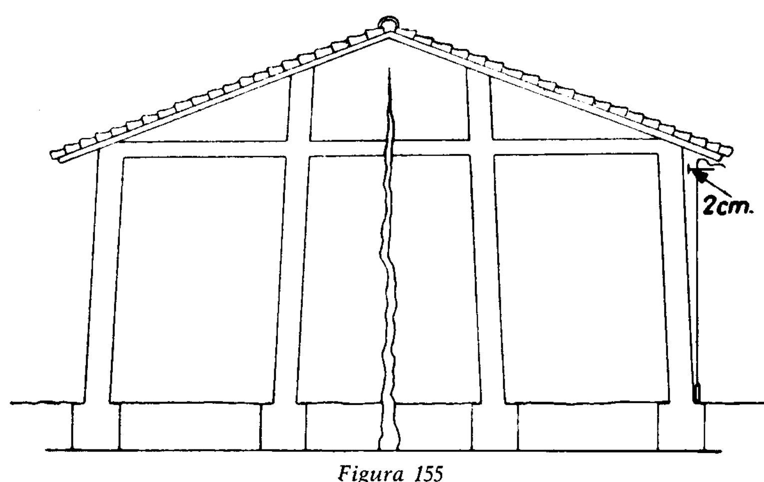


Figura 155

coronados por una viga cadena para apoyo de la cubierta (fig. 155). La cimentación de 200 Kg de cemento portland, se apoyaba directamente sobre un estrato de roca dura, cuyo previo reconocimiento nos dio un espesor de 2'50 metros repartidos y sensiblemente horizontal. De la construcción doy fe que fue esmeradísima, pues personalmente atendí el último detalle, cosa que me fue posible dado lo reducido de la obra. No cabía pensar más que en un seísmo, pero en este caso, ¿cómo fue posible que este lateral lo acusara y el resto de la construcción no?

Pero la segunda parte fue más exasperante todavía. Parece lógico que si el paramento afectado se pica, se limpia, se riega abundantemente o mejor aún se enlecha con cemento puro, y se enfosca, la grieta no vuelve a surgir; pero en nuestro caso las cosas sucedieron de otro modo. Por tres veces se repitió la operación y por tres veces la grieta se manifestó aunque sin tanta violencia como al principio. Sospechando que los pilares continuaran en movimiento, se colocaron dos o tres «chivatos» (testigos), los que al cabo de cierto tiempo permanecieron intactos. Una prueba más y la grieta volvió a salir culebreando por el muro.

Se consultaron textos, técnicos; todos daban el remedio conocido y hubo hasta quien dijo que, al producirse la dilatación, la grieta no sería posible taparla nunca. Pero como aquello sí pertenecía a mi oficio, apuré el último recurso. De la capital de provincia hice traer una malla exagonal, de las que se utilizan para parque de gallinero; la que, después de picar el enfoscado en una zona de un metro de ancho a uno y otro lado de la grieta, coloqué bien tirante y sujetada por puntas: posteriormente enfosqué de forma que el mortero se proyectara contra la grieta lo más violentamente posible (fig. 156). Después de esto se fratasó, pintó y esperamos. A los tres meses no había ni huella de la grieta.

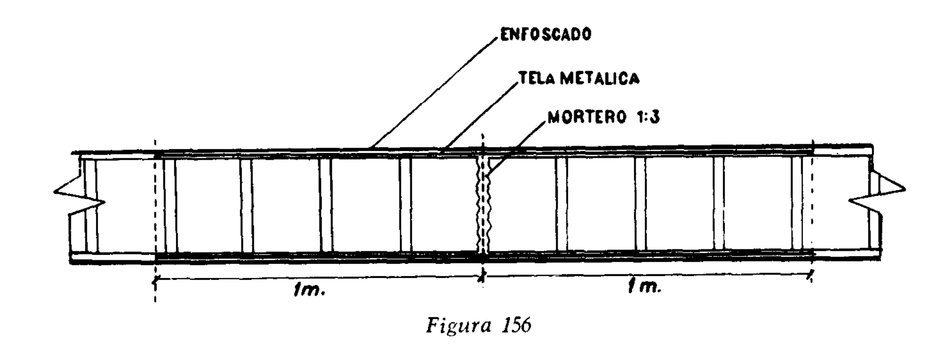


Figura 156

Hoy ha pasado mucho tiempo de aquello y el almacén de «pilares torcidos», continúa en la misma posición que lo dejamos, y es que los edificios también tienen derecho de salir triunfantes con su misterio.

CORRIMIENTOS

Ante el desplazamiento del plano de asiento el comportamiento de un edificio de hormigón armado, por la ligazón y la continuidad monolítica que significa el hierro de su estructura, sufre muy poco, máxime, si su cimentación la compone una placa armada.

Corrientemente son escasos los fenómenos de este tipo. No obstante, tampoco hay que excluirlo del cuadro de las posibilidades y aun así y caso de producirse los daños, serán insignificantes. En cuanto a las de fábrica ordinaria, de ladrillo o bloques, no pueden producir más que fenómenos de cedimiento o rotación que reseñamos brevemente.

CEDIMIENTOS

Hay que señalar dos clases, los leves y los considerables. Leves: son los producidos por los asientos eventuales del terreno donde se apoya la cimentación o por accidentes de índole constructiva o casual, tales como inundaciones de sótanos, infiltraciones de agua, construcción de calles contiguas, nuevos edificios adyacentes, etc. La duración de este fenómeno es breve y por lo general no llega a manifestarse en la estructura principal de la obra y por lo tanto no merece una atención especial, ya que la estabilidad del edificio no corre ningún peligro.

Otra cosa es cuando la superficie de asiento de la cimentación va cediendo en forma gradual y rápida, circunstancia reconocible por los «chivatos» rotos, pues es entonces cuando se precisa un ingente apuntalamiento. Para que éste resulte eficaz se deben observar las siguientes reglas:

1.° Si el edificio es de varios pisos, el apuntalamiento deberá efectuarse con dos órdenes de tablones de pino o abeto, en el que el primero quede empotrado a la altura del forjado del piso de la segunda planta, y el 2.° puede muy bien acomodarse, en sentido paralelo, al forjado de la planta primera. Los dos órdenes se enlazarán entre sí por tablas cruzadas, de manera que se forme una viga de celosía (fig. 157). El ángulo de los puntales con la horizontal del pavimento o terreno exterior no deberá ser menor de 60°.

2.° Recercar con un cuadradillo de escuadra de 10 × 10 cm todos los huecos (fig. 158) o, si se prefiere, cegarlos con ladrillos macizos (fig. 159).

Una vez dispuesto el apuntalamiento en la forma descrita, ya se pueden comenzar, con cierta seguridad, los trabajos de realce.

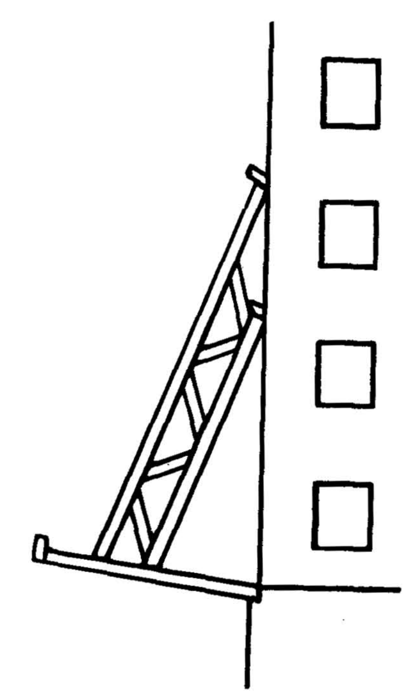


Figura 157

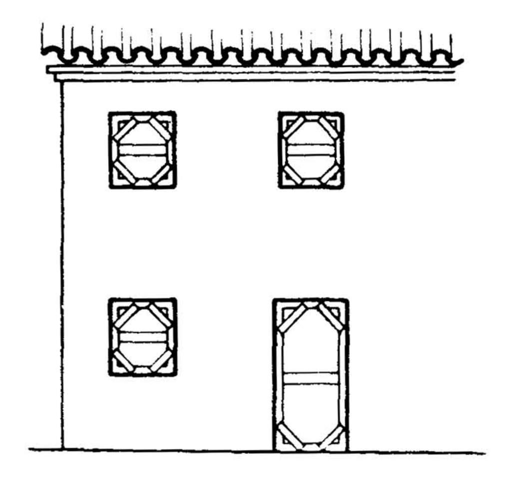


Figura 158

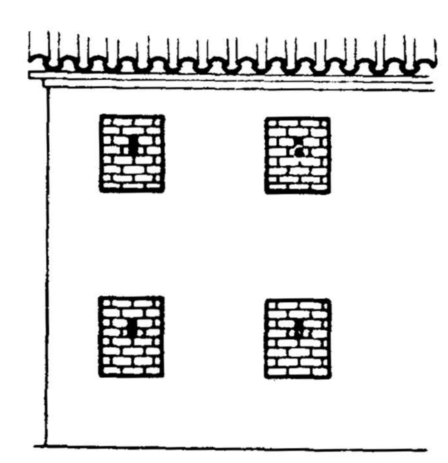


Figura 159

ROTACION DE CIMIENTOS

Los fenómenos de rotación son idénticos a los anteriores, manifestándose en una deformación más o menos acentuada de las armaduras de pilares (en edificios de hormigón armado) al que le sigue un despegue de la capa envolvente de hormigón.

Las reparaciones de este fenómeno son sencillas y elementales, pero a cambio de que se utilice un buen material en áridos y un buen portland en cementos.

Los trabajos consisten en:

1.° Ensanche de la base de cimentación.

2.° Colocación de encadenados de hierro que se oponga al deslizamiento de los muros.

3.° Y en las grietas hacer un buen zurcido con mortero muy rico en cemento, no sin antes haber despegado y picado el mortero viejo que se halle desprendido.

CIMENTACION SOBRE TERRENOS INCLINADOS

Partiendo de la base de que la cimentación de un edificio deberá ser siempre horizontal y lo más nivelado posible, es completamente improcedente cimentar en un terreno inclinado siguiendo la rasante del terreno. Para

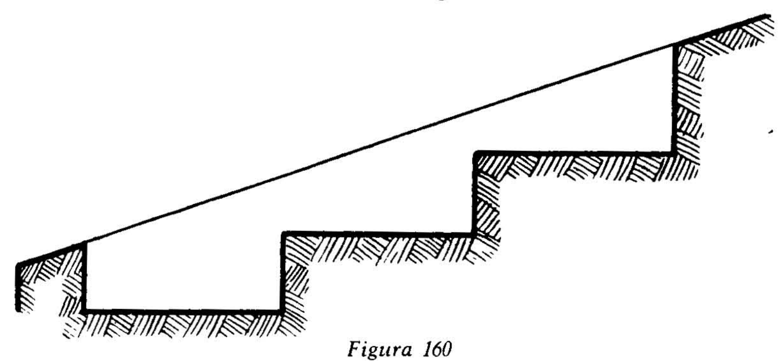


Figura 160

salvar esta dificultad, la excavación se hace escalonada (fig. 160) al objeto de que el plano de asiento sea también horizontal. Sabido es que todo cimiento trabaja a la compresión y si se cimentara siguiendo el plano inclinado, las fuerzas verticales intentarían seguir esta pendiente y el peligro de deslizamiento estaría siempre presente.

FENOMENO DEL BUJEO

Si el terreno donde se asienta un edificio está compuesto por tierras de origen sedimentario y constituidas de sílice, aluminio y óxido de cal en íntima mezcla, tiene la particularidad de absorber y retener el agua; pero si sus estructuras moleculares tienen cierta porosidad, ésta las hace impermeables. No obstante, un terreno así formado se alterará si varía la proporción de agua contenida en la capa freática.

Las consecuencias del fenómeno del bujeo pueden ser muy importantes, pues un terreno en grado de saturación se reblandece hasta formar masas modelables, de viscosidad variable. El terreno pierde su principal contextura de firmeza y es incapaz de oponerse a los esfuerzos de deslizamiento y corrimiento, provocando la ruina en los edificios afectados.

Las zonas más propias para el bujeo se hallan en las regiones donde con más frecuencia se suceden los cambios atmosféricos de humedad y temperatura y que, además, estén situados en sitios altos y en pendientes, donde la aportación de agua sea exclusivamente la de lluvia, pues está claro que la violenta trasmisión de humedad a sequedad transforman estos terrenos, sin propiedades mecánicas, contrayéndose y agrietándose en profundidades que oscilan entre los 5 y los 12 metros de profundidad.

De allí la explicación de los efectos del bujeo.

En el estado húmedo y cuando un muro esté presionado por un empuje vertical igual a su peso, permanecerá en equilibrio, si el barro tuviera la fluidez del agua. Pero como en la práctica no sucede así, se establecerá que cuando el peso del muro esté contrarrestado por el de la masa desalojada, siempre menor, incrementada en el correspondiente a las fuerzas de rozamiento, el muro descendería con el nivel freático hasta encontrar una nueva superficie de apoyo (fig. 161).

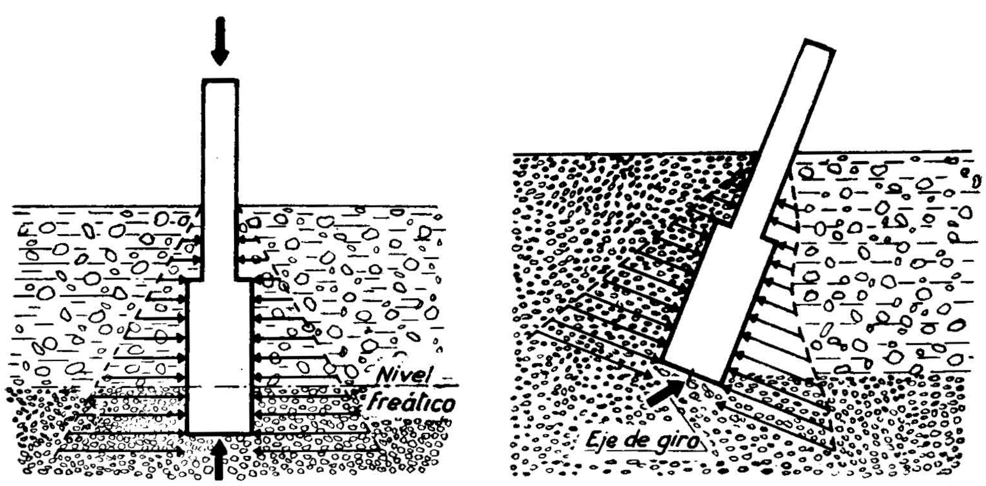


Figura 161 *Figura 162*

Pero no termina aquí la cosa, pues en el descenso e íntimamente ligado con él, es muy posible que se inicie un movimiento de rotación alrededor del eje del plano de cimiento (fig. 162) y en sentido de la zona más húmeda hacia la más seca.

En estado seco, la composición del suelo formado por los estratos aluminio-silicios referidos anteriormente, libera fuerzas expansivas traducidas en empujes hacia las cimentaciones que alcanzan valores del orden de los 15 Kg/cm² (media normal de 8 kg) (fig. 162).

Este defecto de fuerzas (digamos en libertad) son las que producen la explosión de la cimentación, originándose fracturas y grietas en planos verticales, sin que hasta el presente se hayan definido con exactitud la forma y distribución de las tensiones expansivas; sin embargo se ha ensayado con buen resultado una ley parabólica para el peritaje de algunas cimentaciones explosionadas, por lo que parece ser una aproximación aceptable.

Los remedios que para la supresión de los fenómenos del bujeo se han establecido, quedan resumidos en los siguientes:

1.° Anulando los movimientos verticales.
2.° Suprimiendo los de giro.
3.° Evitando los de flexión lateral.
4.° Repartiendo las cargas de manera uniforme.
5.° Favoreciendo la conservación de un estado de humedad constante.

ESTABILIZACION DE TERRENOS MEDIANTE LA SILICATACION

A veces surge la necesidad insoslayable de construir en terrenos que ya «a priori» sabemos no reúnen las condiciones debidas por que se fisuran, son inconsistentes, permeables, etc., lo que entraña unos peligros de hundimiento y corrimientos del terreno y, en definitiva, resquebrajamientos en la obra. Esto es evitable «vigorizando» el terreno, procurándole artificialmente esa fortaleza, esa consistencia que le falta, del mismo modo que se vigoriza al enfermo con inyecciones que le introducen en el organismo los elementos biológicos que necesita y de los que está en un estado deficitario.

¿Cómo, pues, se vigoriza o estabiliza el suelo?

El procedimiento genérico es el de inyección de soluciones químicas que, al dar mayor dureza al terreno, aumentan su resistencia. Hay varios procedimientos particulares que analizaremos a continuación y que llevan el nombre de sus autores.

Procedimiento Joosten

El ingeniero berlinés Joosten preconiza la inyección de silicato sódico y posteriormente otra de un segundo líquido (ácido o sal ácida) que reaccione con silicato. Entonces tiene lugar la solidificación.

La inyección se hace introduciendo en el terreno tubos puntiagudos de acero de 25 mm de diámetro, hasta una profundidad de 25 metros y distanciados entre sí de 0,75 a 1,00 metros. En su parte inferior llevan unos agujeros por los que a una presión de 100 atmósferas se «riega» el terreno con la solución primero, en inyecciones de 50 cm de espesor, partiendo de la parte superior de la capa que se quiere mejorar hasta la profundidad necesaria, bajando el tubo 50 cm antes de cada inyección. Terminada esta operación se inyecta una solución salina del mismo modo, pero levantando el tubo 50 cm por cada inyección, hasta llegar a la superficie de la capa que se quiere endurecer. Este procedimiento puede aplicarse también para terrenos situados debajo de una obra, como se muestra en la figura 163.

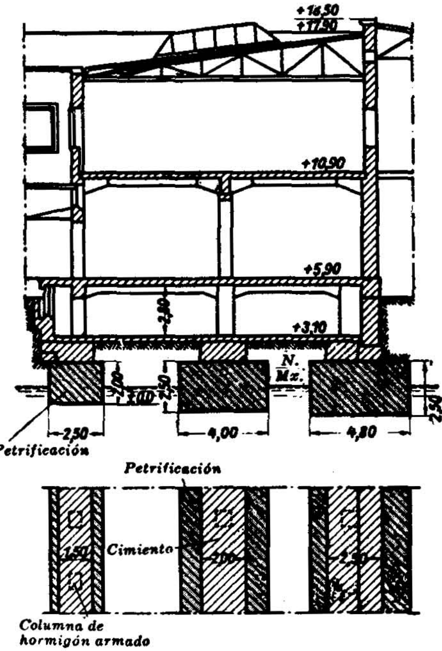


Figura 163

La resistencia de los terrenos solidificados por este procedimiento depende de su naturaleza: en las arenas finas varía entre 10 y 40 Kg/cm^2; en las gravas y guijarros, de 40 a 100 Kg/cm^2, y en las arenas movedizas, llega a los 190 Kg/cm^2. Además, la resistencia crece con el tiempo, de tal modo que probetas ensayadas a los veintiocho días, con una resistencia de 22,5 a 24 Kg/cm^2, seis meses después alcanzaban los 40,5.

Este procedimiento se ha empleado con éxito para cortar las vías de agua en trabajos de carreteras y hacer estancas las obras de fábrica aun para grandes cargas de agua (hasta 75 metros).

Ls arenas de granos redondeados parecen aglomerarse mejor formando una masa más dura y más cohesionada, aunque también los granos angulosos dan buenos resultados. Los suelos que mejor admiten la silicatación son los de arenas movedizas no demasiado finas y silíceas.

En resumen, el método Joosten se ha empleado con éxito en minas, impermeabilización de obras de fábrica y otras aplicaciones.

Método Gayrard

El principio Gayrard no difiere esencialmente del método Joosten y solamente discrepa en las mezclas a inyectar. Según Gayrard (ingeniero francés), en circunstancias normales, una solución de silicato alcalino de comer-

cio, diluida en nueve veces su volumen de agua y llenando todos los poros de un terreno basta para hacerlo impermeable y aumentar su resistencia. Pueden utilizarse simultáneamente:

Bicarbonato de sodio o potasio, 3,15 por 100.

Cloruro sódico, 3,15 por 100.

Hipoclorito de sodio o potasio, 0,3-1 por 100.

Estos porcentajes se refieren al peso del silicato empleado.

Procedimiento Francois

El contratista belga A. Francois inyecta soluciones de silicato y una sal ácida que casi siempre es sulfato de alúmina, aumentando la concentración de varios centímetros de longitud. Se acaba la consolidación mediante inyecciones de cemento.

Se diferencia del Joosten en que las inyecciones de las dos soluciones son aplicadas simultáneamente por dos agujeros vecinos.

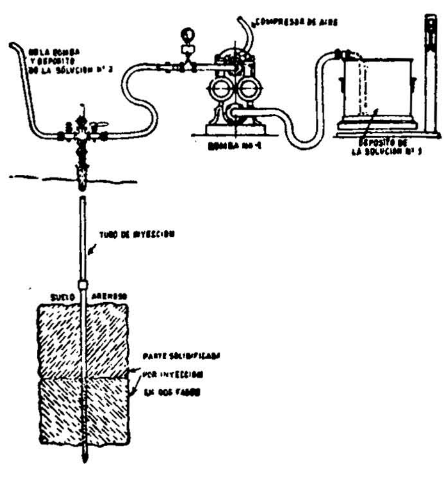


Figura 164

El sistema Francois equivale a la inyección de lechada de cemento a razón de 200 Kg/cm².

En la figura 164 puede verse un aparato de inyección para silicatación de terrenos.

Hay una aplicación curiosa que podríamos llamar de tipo «preventivo» y es la silicatación de terraplenes con enquistos hulleros. Estos enquistos suelen ir mezclados con una cierta cantidad de carbón con los consiguientes perjuicios. Como el silicato sódico es un excelente ignífugo, formará una cortina refractaria al fuego.

En Estados Unidos se está empleando el silicato sódico para estabilización de terrenos en carreteras.

REPARACIONES Y RECALCES

Siendo este tema muy amplio, ya que por sí solo significa todo un libro, como los seguidores de estas monografías podrán comprobar en fecha próxima, dejaré la exposición de tipo general para reducirme a una experiencia propia, pues aunque esto sea repetición de uno de los capítulos anteriores, creo que el caso bien merece la pena de divulgarse ampliamente.

Las operaciones que voy a detallar son las consecuencias del ataque de aguas selenitosas descrito anteriormente, cuya cimentación hubo que sustituir completamente.

El recalce de un edificio, como toda reparación importante, es siempre peligroso, difícil y caro. Hay que trabajar en pésimas condiciones y por mucho que se estudie la operación, siempre habrá alguna circunstancia adversa que nos haga dudar de si el método elegido es bueno, además de la incógnita de cómo se comportarán los muros si eliminamos, en parte su punto de apoyo.

Para estar tranquilos sobre este particular, en un principio se pensó quitar primero la parte exterior (figura 165, parte rayada), rellenarla y luego la interior, con el fin de que cada mitad soportará el peso de los muros; pensamiento que se desechó, pues en todo el perímetro del edificio se hubiera establecido una junta y aunque ésta no amenazara seriamente la estabilidad del edificio, la tememos al menos para provocar el desarrollo de las fuerzas capilares.

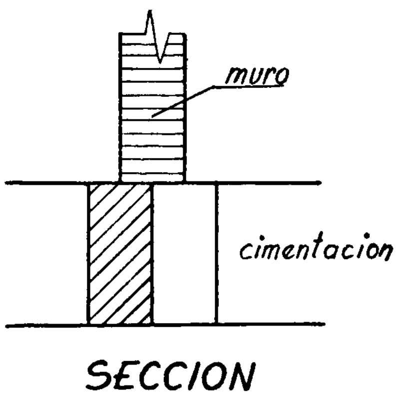


Figura 165

Posteriormente se pensó en el recalce por juntas el cual consiste en cimentaciones corridas, en demoler alternativamente cada metro de cimentación (fig. 166); pero el problema anterior se acentuaba, pues aparte de la humedad procedente de la lluvia al filtrarse por la junta de la obra con el muro, se perdía totalmente la continuidad monolítica de la cimentación cosa que era necesario evitar en lo posible.

Aprovechando la circunstancia de que los muros estaban construidos por el sistema de paredes armadas, se cayó en la cuenta de que los muros po-

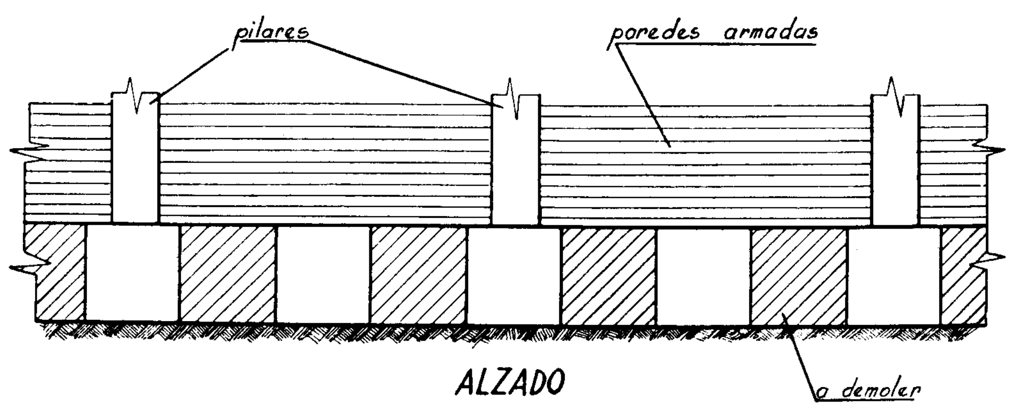


Figura 166

dían aguantar su propio peso y el de la cubierta, durante el tiempo que durara la operación, ya que los hierros que longitudinalmente la atravesaban podían trabajar a modo de vigas, y por lo tanto, dejar entre pilar y pilar —en los cuales estaban anclados— el espacio necesario, no sólo para trabajar cómodamente, sino también para construir la cimentación en forma escalonada para cuando se hormigonaran los pilares contar con una superficie que nos diera ciertas garantías de seguridad. Es decir: que lo que exigimos al edificio era que los pilares soportaran las paredes y éstas —una vez recalzadas— que soportaran a los anteriores, pues en manera alguna queríamos apeos ni apuntalamientos, ya que hubiera significado una nota discordante apear un edificio que se acababa de construir.

Y así se hizo. Francamente, el éxito coronó nuestros esfuerzos, pues demolida la parte de cimentación correspondiente a las paredes, dispusimos la solera de carbonilla, ladrillo, etc., elevamos los muretes de protección a toda velocidad y rellenamos la caja resultante con hormigón de 200 kilos de cemento, quedando un conjunto tal y como se expresa en la figura 167.

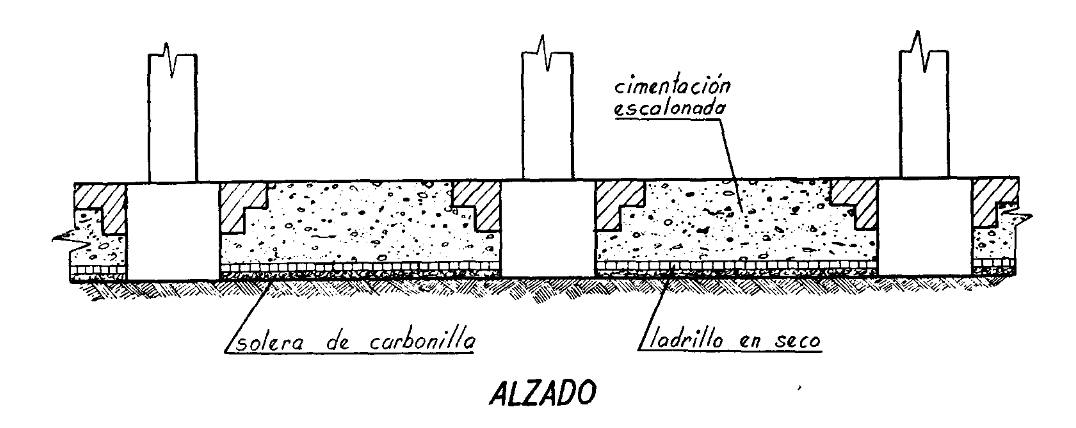


Figura 167

Terminada esta operación de paredes, reanudamos el segundo ciclo de pilares con lo que, de poco tiempo y construida la acera, nada denotaba que la cimentación hubiera sido substituida, coronando nuestro éxito el que ni durante los trabajos, ni mucho después, apareciera grieta alguna de asientos, lo que demuestra que todo trabajo, si se pone interés en él, sale a la perfección aunque para ejecutarlo no se disponga de un gran lujo de medios.

Como ampliación de este tema estudiamos a continuación un moderno sistema de recalce de cimientos mediante pilotes.

RECALCE DE CIMENTACION CON «PALI RADICE»

El recalce de cimientos por «pali radice» de origen italiano se realiza a base de pilotes de hormigón que se sitúan debajo de las cimentaciones a realizar mediante perforaciones oblicuas.

El «pali radice» se ejecuta perforando (no hincando), mediante dispositivos especiales, las estructuras existentes que se deseen recalzar y continuando la perforación a rotación por el terreno, para formar un tubo de unos diez centímetros de diámetro, hasta alcanzar una profundidad adecuada, en relación con las características del terreno.

El avance de la perforación se obtiene mediante aire comprimido, agua u otros dispositivos (según la naturaleza del terreno).

Una vez ejecutada la perforación, se introduce en el tubo vaciado un alma metálica, formada por una o varias barras de acero con aletas.

Después se vierte en el tubo un hormigón rico en cemento, con ayuda de aire comprimido. El hormigón llena la cavidad del pilote tanto en el terreno como en los cimientos, los que así quedan automáticamente ligados al pilote.

El vertido del hormigón a presión hace que éste penetre en todos los insterticios del terreno y crea en éste una zona de transición que hará colaborar todo el terreno en el sostenimiento de las cargas de la obra recalzada.

El diámetro del pilote «pali radice» terminado, resulta de 15 a 20 centímetros, y a veces más, en donde las capas del terreno más débiles han cedido a la presión, con lo que el pilote compensa automáticamente las diferencias de resistencia de las diversas capas del terreno, presentando mayor diámetro allí donde su mayor diámetro es precisamente necesario.

La resistencia de estos pilotes es muy elevada. Contando con un amplio coeficiente de seguridad, puede admitirse que un pilote de 10 cm de diámetro sostiene una carga de más de diez toneladas. Pueden perforarse con cualquier inclinación.

La mayor ventaja del sistema del «pali radice» consiste en que su construcción no produce vibraciones en la obra existente y en que no necesita apenas espacio para su ejecución.

Como ejemplos de este sistema puede ver en las figuras 168 y 169 el recalce de la cimentación de un muro; en la figura 170 recalce de la pila de un puente; y en la figura 171 el recalce de un muro de sostenimiento. En este ejemplo (fig. 171) los pilotes tipo **A** y **D** funcionan como tirantes y los **B** y **C** cumplen la función de recalce.

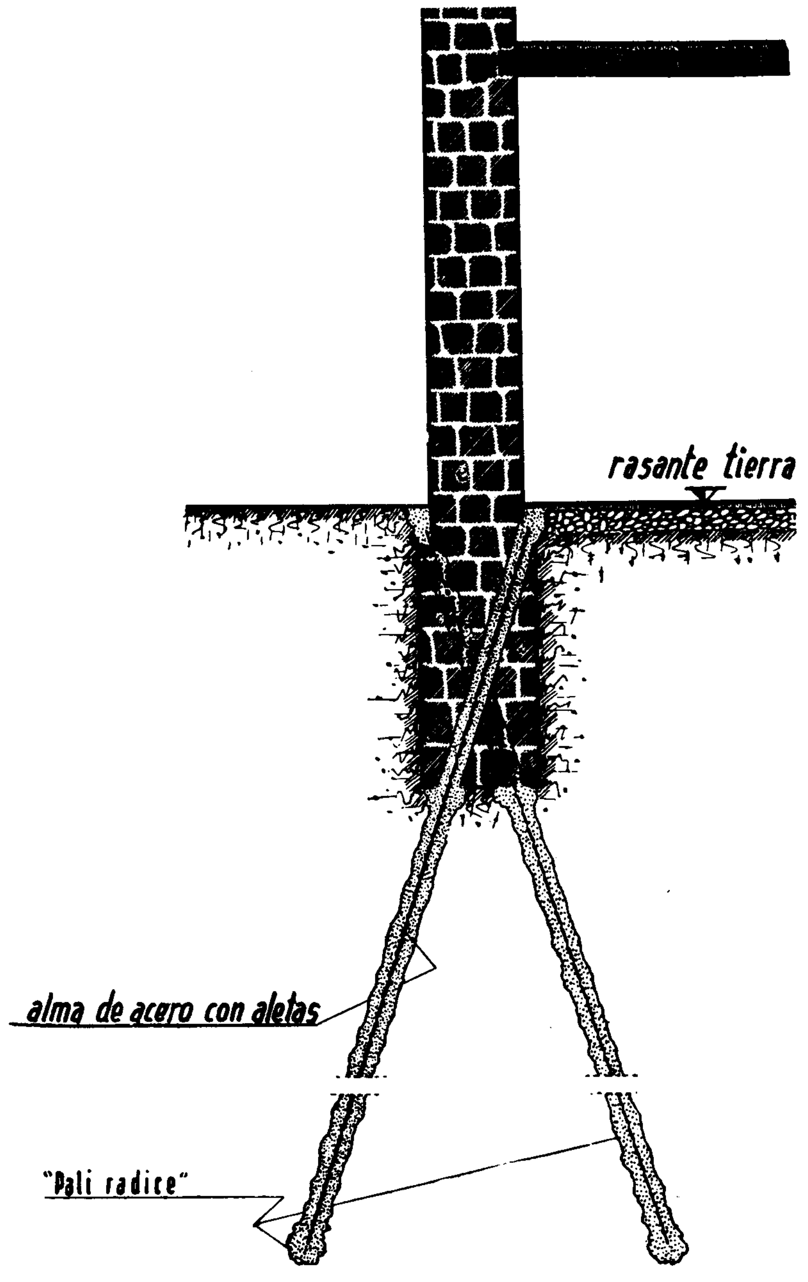


Figura 168

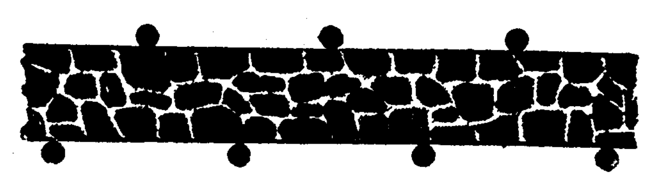


Figura 169. — Planta de fig. 168

Figura 170

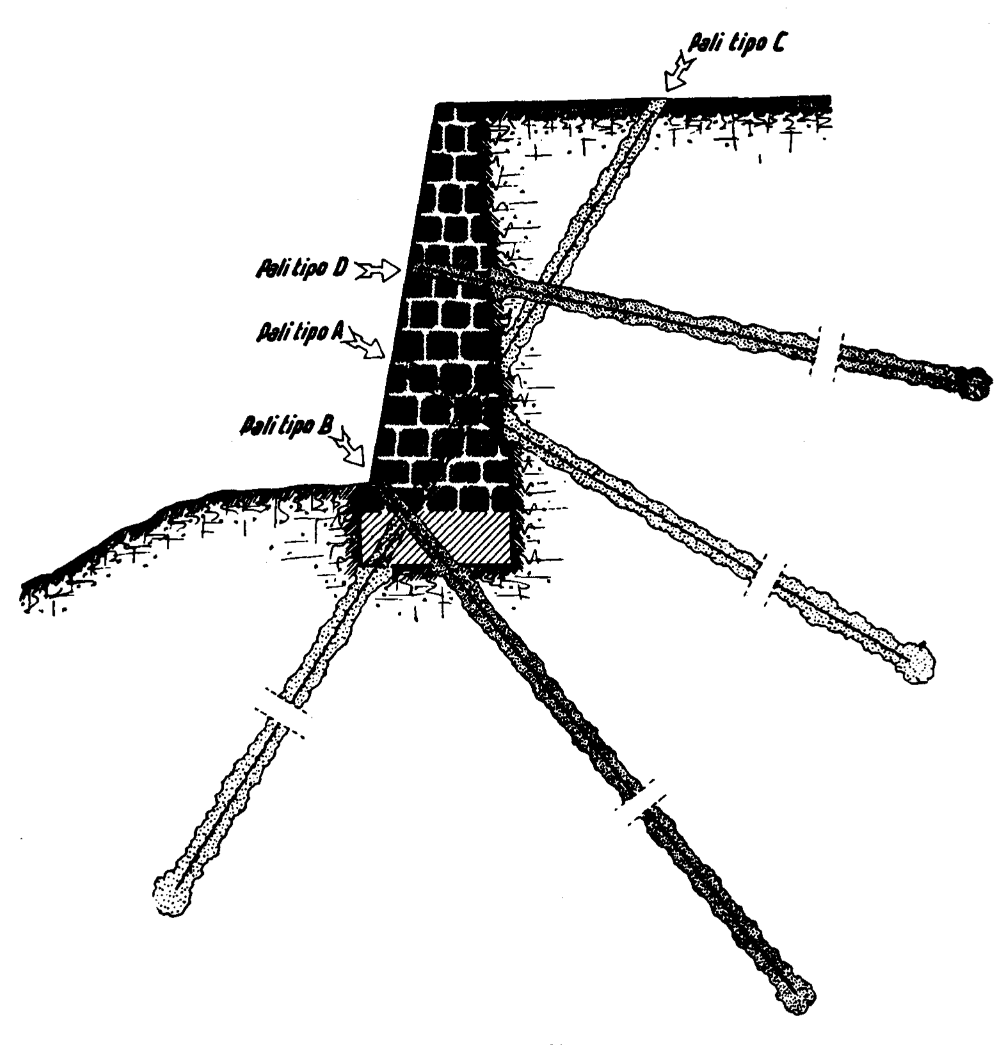


Figura 171

HUMEDADES

La principal característica de una cimentación, aparte de su condición resistente, es la de que sea **impermeable.**

Todos los terrenos tienen agua, unos en más y otros en menos proporción según su capacidad absorbente. Por lo que juzgamos útil conocer el estado de permeabilidad que tiene el terreno donde pensamos erigir un edi-

ficio cualquiera. Para ello, tomaremos una muestra de tierra en su estado natural. La pesaremos en una balanza de precisión. Posteriormente la secaremos en un horno mufla a la temperatura de 105° y por diferencia de peso obtendremos la cantidad en los pesos de la muestra.

HUMEDAD DE OBRA

Toda obra efectuada según el sistema tradicional de construcción no sería posible sin su vehículo acuoso; todos los morteros se amasan con agua; gravas y arenas necesitan lavados previos; toda obra cocida tiene que colocarse mojada; los hormigones necesitan riegos durante su fraguado, lo que nos da un elevado porcentaje de humedad en el momento que el albañil termina su tarea, habiéndose calculado que 1 metro cúbico de fábrica de ladrillo recién terminado contiene de 130 a 230 litros de agua.

Por esta razón el material que ha de integrar el relleno de zanjas, lo hemos de estudiar y elegir con cuidado. Descontando de antemano el yeso y, si es posible, también la cal, por ser buenos conductores higrométricos, sólo nos queda el cemento (y en casos muy concretos de sequedad el ladrillo) y dentro de su gran variedad de clases, el cemento o supercemento artificial tipo Portland.

IMPERMEABILIZACION: BARRERAS ANTICAPILARES

Si antes de empezar una obra no se tuviera la precaución de proteger de humedades el edificio, es muy posible que ésta absorbida por la cimentación comience su ascensión capilar por los muros, cosa que es fácil de evitar dada la técnica y los materiales que, a tales efectos, existen en el mercado.

Una solución sencilla sería construir los cimientos con piedras densas y duras que, al no ser porosas, no dejarán ascender la humedad; pero como nq siempre se tiene a mano esta clase de piedra, en la práctica se sustituyen por la caliza, pero sin resultado alguna por la porosidad de la misma.

Otra solución más aconsejable es la de construir una verdugada formada por tres o cuatro hiladas de ladrillo recibidas con mortero impermeable (1 : 1) y que rodeen todo el perímetro del edificio, o bien hacer una verdugada de hormigón impermeable.

Pero la solución más racional para evitar las humedades capilares consiste en establecer verdaderas **barreras anticapilares,** en los muros, formadas por capas de asfalto fundido, chapas de plomo, o bien capas de mortero impermeables. Este último sistema sólo es recomendable cuando el terreno en que se apoyan los cimientos es muy firme y no existe el peligro de pequeños asientos que, aunque no pongan en peligro la estabilidad de la obra sí producirían fisuras en la capa de mortero impermeable, por donde se introduciría la humedad. En cambio las capas de asfalto fundido o plomo, gracias a su elasticidad o maleabilidad, no son afectadas por estos movimientos. En las figuras 172 y 173 presentamos dos formas sencillas de formar estas

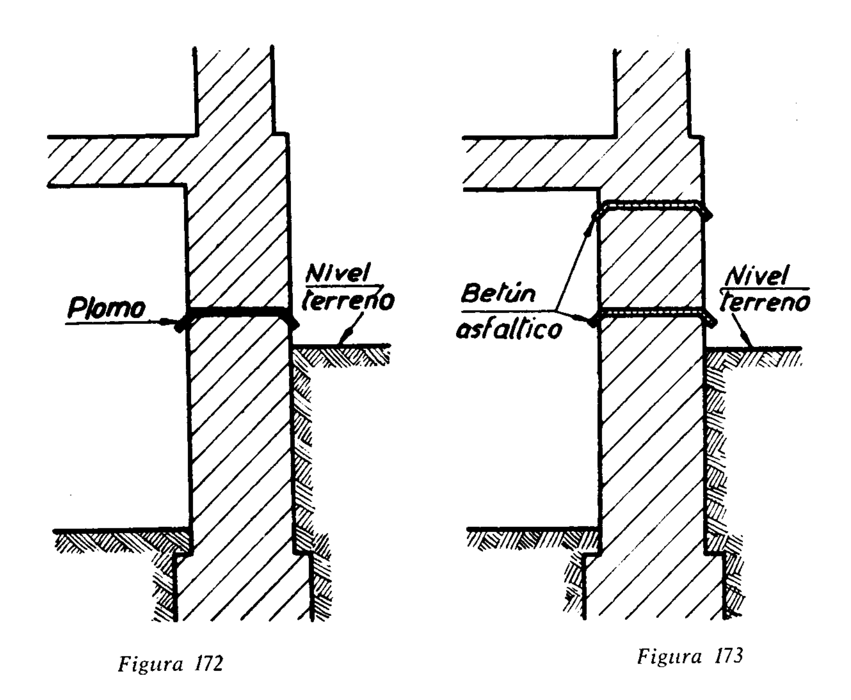


Figura 172

Figura 173

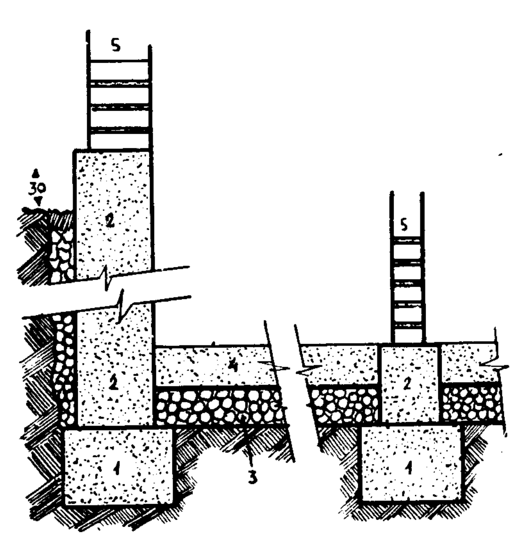


Figura 174

barreras, la primera mediante una capa de plomo, un poco más alta que el nivel del terreno y la segunda con dos capas de betún asfáltico, distanciadas una de otra un metro, para mayor seguridad al establecer una doble barrera.

La elección de uno y otro sistema dependerá de la importancia que pueda llegar a adquirir la humedad procedente del terreno. Los materiales más utilizados para formar estas barreras son el plomo y, sobre todo, telas y fieltros bituminosos.

Otro sistema de protección contra la humedad, consiste en confeccionar los cimientos con hormigones y morteros hidrofugados, o sea, a los que se ha añadido, en el agua de amasado, aditivos impermeabilizantes.

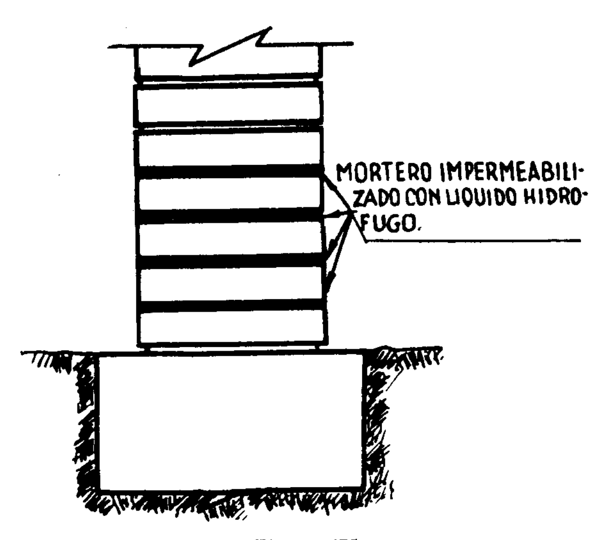


Figura 175

Las figuras 174 y 175 son dos ejemplos de impermeabilización de cimientos.

En la figura 174 el orden de ejecución de trabajos sería (véanse números en figura).

1. Hormigón hidrófugo en cimientos.
2. Muros de hormigón en masa, impermeabilizados hasta treinta centímetros sobre rasante del terreno.
3. Pedraplén anticapilar.
4. Losa de hormigón hidrofugado.
5. Muros sobre rasantes, muros interiores, pilares, tabiques, etc., sin impermeabilizar.

TRATAMIENTO ELECTRO-OSMOTICO

En la lucha que contra la humedad se viene practicando en todo el mundo cabe destacar los ensayos realizados en Suiza y Holanda a tal respecto. El tratamiento electro-osmótico (patente Ernst) fue ideado en Suiza y tiene la enorme ventaja de que se puede instalar en un edificio completamente terminado y que los gastos de su funcionamiento son complemente nulos.

El invento está basado en la electricidad, pues según los ensayos suizos se ha comprobado que, en el subsuelo donde se apoyan los cimientos de un edificio cualquiera y los muros al nivel del suelo hay una diferencia de potencia eléctrica de 10 a 100 milivoltios, diferencia que depende de su constitución: humedad, elementos químicos, etc.

El sistema Ernst (fig. 176) consiste en que dentro del muro se introduce un alambre de cobre que actúa como conductor horizontal, el cual por medio de tomas de tierra de un metal distinto clavado en el suelo, crea una polaridad inversa a la anterior (polo positivo en el muro, polo negativo en

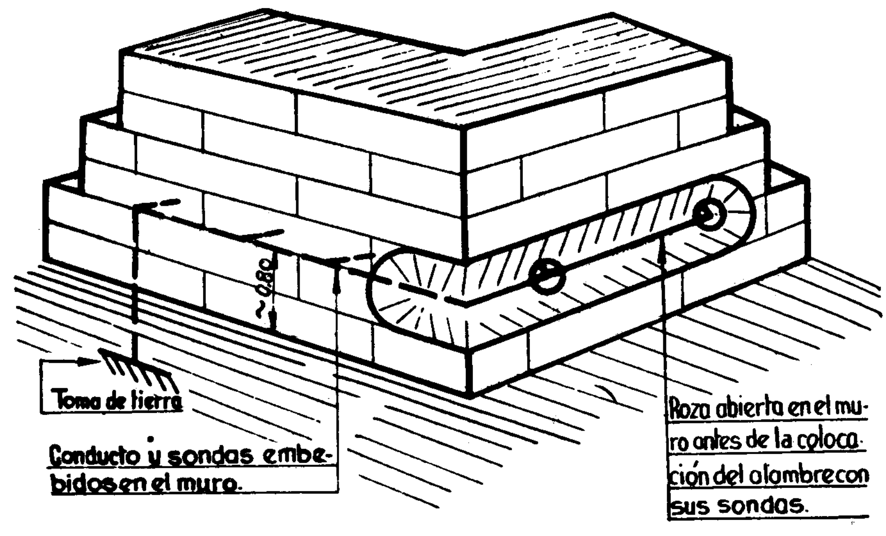


Figura 176

el terreno) estableciéndose una dirección inversa de la humedad a las del efecto capilar. No es preciso, al menos hasta el momento, una fuente de energía eléctrica, por lo que no hay que considerar gasto alguno de funcionamiento.

La colocación de los alambres de cobre, de 4 a 5 mm de diámetro se hace en el muro en el que previamente se han hecho unas pequeñas rozas que penetran en el interior del mismo y a una distancia, entre sí de 50 cm.

Todo el edificio puede rodearse con una tupida red, unida a profundas y numerosas tomas de tierra.

En líneas generales, éste es el sistema electro-osmótico que actualmente es aplicado por un número determinado de casas especializadas.

AGENTES QUIMICOS QUE ATACAN LOS CIMIENTOS

Los componentes básicos del cemento artificial portland, son la cal, la sílice y la arcilla. Candat ha completado esta cifra con el óxido de hierro, magnesio y anhídrico sulfúrico. El cemento Portland se vuelve más impermeable si fragua bajo agua. De aquí que se recomienda llenar los depósitos de agua construidos en hormigón a los pocos días de terminada la construcción de los mismos. Esta impermeabilidad no es debida a la ausencia de poros, como puede suponerse, sino al agua que al filtrarse por los poros finísimos del hormigón, va depositando poco a poco pequeñas cantidades de sales cálcicas insolubles, que terminan por llenarlas casi por completo. Este fenómeno, naturalmente más acentuado con aguas muy calizas, tiene efecto, aun con las aguas tan puras de Madrid, normalmente en un período de quince a veinte días.

Por lo tanto y dada la característica principal del cemento, eligiremos a éste como aglutinante único en toda clase de cimentaciones expuestas a humedades, .ya que por sí mismo opondrá resistencia a las fuerzas capilares.

Pero como en toda composición química, el cemento en contacto con otras sustancias puede producir reacciones tan violentas que, alterando totalmente sus propiedades lleguen incluso a anularle por completo. El suelo está lleno de sustancias que antes de edificar convendría analizar y ensayar. Afortunadamente, son poco frecuentes los casos que se dan de que un agente químico haya atacado a una cimentación; pero como son perfectamente reconocibles, convendrá tenerlas presentes cuando iniciemos la primera fase de una construcción.

A estos elementos, digamos precisos, los señaló Mazzocchi como «Los enemigos de portland» y aunque dejaremos a un lado los detalles técnicos, más propios de un tratado especializado pasaremos a enumerarlos, ordenándolos como disolventes, disgregantes, destructores, nocivos o simplemente como diminuidores de la resistencia mecánica de hormigones y morteros.

Las aguas dulces.
El agua químicamente pura.
Las aguas potables ordinarias que contengan bicarbonatos.
Las aguas selenitosas.
Las aguas marinas.
Las lejías de sosa.
Las aguas amoniacales.
Las aguas pantanosas.
Las salmueras.

Las soluciones azucaradas.
Los ácidos en general.
Las sales ácidas.
El humus.
Las materias grasas.
Los aceites minerales.
Los aceites vegetales.
Los aceites animales.
El cloruro de calcio.
Las sales de magnesia.
El hidrógeno sulfurado.
El gas del alumbrado.
Las aguas sulfuradas gaseosas.
Las aguas ricas en ácido carbónico.
Y en general los líquidos a alta temperatura.

Es muy posible que, ante tales agentes nocivos para el cemento, el entusiasmo de muchos decaiga un poco o les haga tomar exageradas precauciones que sólo encarecerían el costo ya elevado de una cimentación. Si bien es cierto que no nos cansaremos de repetir que en España se descuida bastante el acto de reconocer el terreno antes de echar en las zanjas la primera tongada de hormigón, también es cierto que esto no sucede con frecuencia, pues en más de veinte años de práctica constructiva sólo conocemos un caso en el que por la acción de las aguas selenitosas toda la cimentación se descompuso, de tal forma que fue necesaria su inmediata sustitución. Caso que creemos merece la pena mencionarlo. Fue como sigue:

Ya habíamos «cubierto aguas» y realizado el enfoscado de las fachadas de un importante edificio cuando a los cinco o seis días de haber sufrido una lluvia torrencial comenzaron a surgir grietas por todas las paredes y manchas de humedad que ascendían por capilaridad, lo que dada la sólida y cuidada estructura de la edificación, aquello era francamente imposible que así sucediera.

Anteriormente a esto, observamos que a unos 30 centímetros de la rasante del terreno, se había dado con una roca de aspecto grisáceo, de la cual teníamos la sospecha de que fuera un yacimiento de yeso (sulfato de cal). Consultado con el director de la obra sobre la piedra en cuestión, éste aseguró que, no obstante hallarse presente el sulfato de cal, ello no constituía peligro alguno, debido a su mínimo tanto por ciento y que se podría continuar la obra tranquilamente, cosa que así se hizo hasta que surgieron las grietas aludidas.

Realizadas unas cuantas calas, el hormigón de la cimentación no podía presentar aspecto más desastroso. El hormigón se desmoronaba al tacto y su aspecto era el de la miga de pan mal cocido, después de haberle sobado con exceso. Cemento y arena habían desaparecido y en su lugar había una masa de igual valor a la piedra donde se apoyaba la cimentación, cuya desagradable olor recordaba el yeso negro.

¿Orígenes?, muy sencillo. El agua de lluvia, al entrar en contacto con el terreno, francamente yesoso, dio lugar a la formación de aguas selenitosas, las cuales tienen una acción disgragante notable sobre los cementos portland; penetrando en la masa de cemento, determinan la formación del sulfato cálcico, que se une a la alúmina para dar lugar, con aumento de volumen, a un compuesto cristalino.

¿Remedios? Cimentar con cemento portland tipo V de U.S.A. metalúrgico de alto horno, aluminoso y puzolánico, o sobresulfatado. Pero como estos cementos o son muy costosos o de difícil adquisición, se ideó una protección acompañada de drenaje («dren» en el argot constructivo) que, encauzando las aguas pluviales, las alejara de la cimentación. Todo lo cual (fig. 177) consistió en:

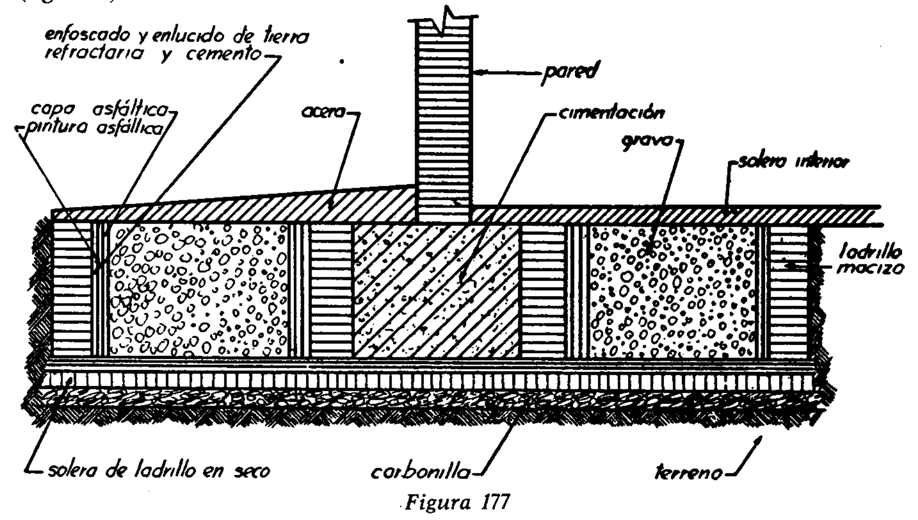


Figura 177

1.° Una solera de carbonilla y ladrillo en seco.

2.° Excavada la correspondiente zanja a un lado y otro de la cimentación, se chaparon con ladrillo macizo los costados tanto de la cimentación como del terreno.

3.° Esta especie de caja se enfoscó con tierra refractaria y cemento de dosificación 1 : 3.

4.° Una vez seco el enfoscado, se le dio una mano de pintura asfáltica a la que siguió otra de otro producto, también asfáltico, pero mucho más denso y el que, para poder hacerlo manejable, se diluyó un poco en gas-oil.

5.° Se rellenó con grava gruesa (morrillo) la caja anteriormente citada, cuidando de que las piedras tuvieran todas el mismo tamaño, al objeto de obtener la mayor proporción de huecos posible para que las aguas se deslizaran con el menor impedimento.

6.° En su parte superior se construyó una acera para evitar infiltraciones; y

7.º A todo esto se le dio una estudiada pendiente de un 2 por 100 colocándose arquetas de salida en los sitios estratégicos, con lo que se dio por terminada la operación a satisfacción de todos.

Y esto, amables lectores, que fue sólo una experiencia, nos sirvió de tan buena lección que, en lo que a nosotros respecta, jamás volvimos a tropezar con ningún otro caso, aunque si bien pusimos todos los medios a nuestro alcance para saber con qué clase de terrenos teníamos que vérnoslas cuando nos encargaban la dirección de una obra cualquiera.

DRENAJES

En los terrenos ya construidos, es decir: en aquellos solares o parcelas en las que al edificar no se tuvo en cuenta la contingencia de humedades, la técnica más aplicada al caso es la del avenamiento, la cual consiste en dar salida a las aguas que se estancan alrededor de la construcción.

Estas aguas pueden tener (como ya hemos dicho) dos procedencias: de aguas de lluvia que caen sobre el terreno y que debido a la poca pendiente de éste, fallos o permeabilidad, quedan estancadas alrededor del edificio, o bien de aguas subterráneas que existan en el terreno.

Tanto en un caso como en otro, si el agua corre sobre una capa impermeable (por ejemplo de arcilla) y la construcción en su parte más baja queda a un nivel inferior a esta capa (por existir sótanos) es necesario que se canalicen estas aguas bien dando pendiente natural al terreno, para que se alejen o conduciéndolas hacia un pozo.

Puede ocurrir que la capa impermeable de terreno, por donde se desliza el agua, sea horizontal (fig. 178) o en ladera (fig. 179) más alta que el

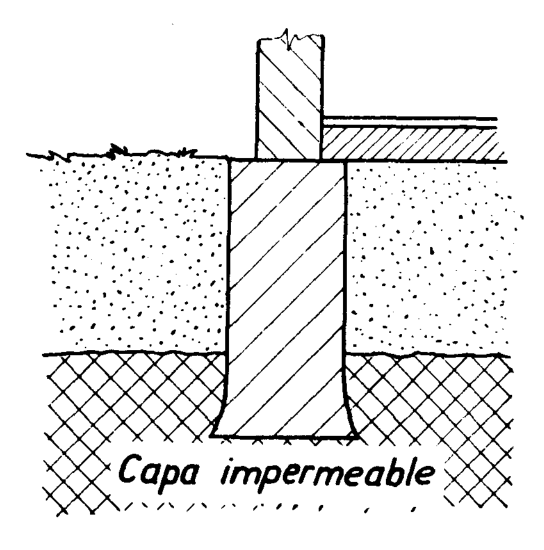


Figura 178

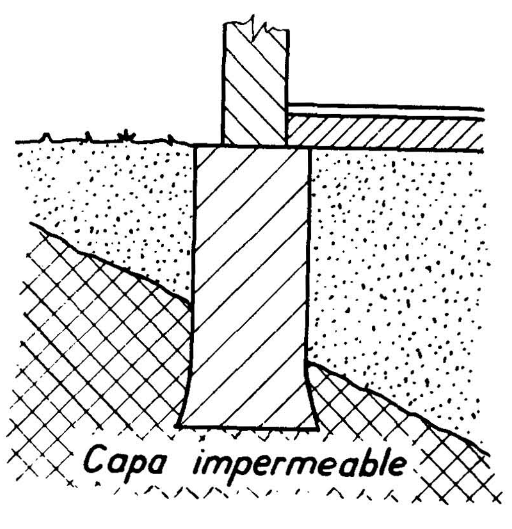


Figura 179

asiento del cimiento (fig. 178), o bien más elevada por un lado y más baja por el otro (fig. 179) debida a la pendiente de la ladera.

En el caso de la citada figura 178, lo más recomendable es hacer un pozo absorbente a donde se conduzcan las aguas mediante una tubería dren, cuyo colector de recogida se coloca entre unas piedras que hacen de filtro, como puede apreciarse en la figura 180.

En cambio, para el caso de la figura 179, las aguas pueden recogerse mediante un canal en la parte alta de la ladera y de forma que este canal

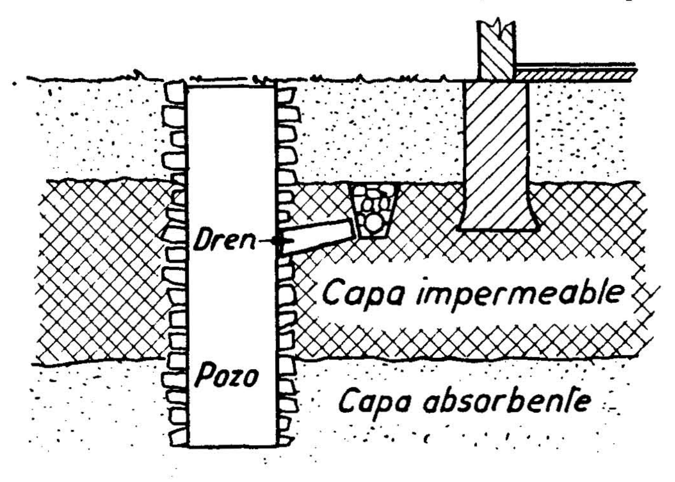


Figura 180

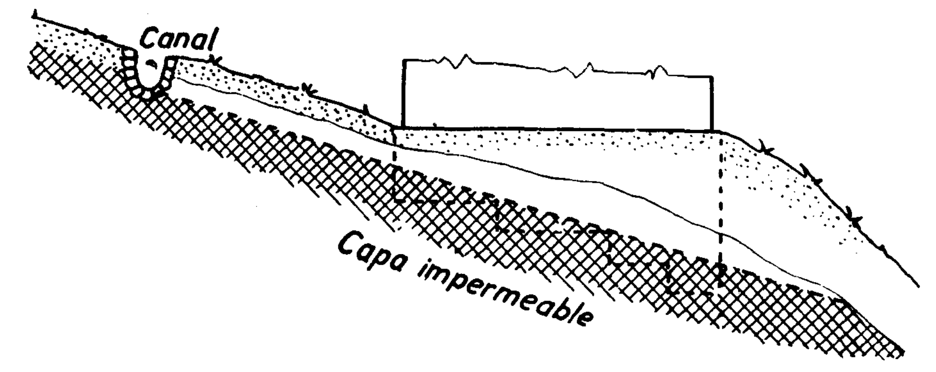


Figura 181

sea parcialmente absorbente, y con conductores laterales que conduzcan las aguas a puntos del terreno más bajos que los cimientos, lo cual será fácil de realizar debido a que el terreno es en ladera. En la figura 181 representamos gráficamente este sistema.

Si la construcción queda aislada o sea circundada por parte del solar libre y asimismo en el interior del recinto de la construcción, mientras no se haya cubierto la primera planta, deberá disponerse el terreno de forma que existan pendientes y puntos de circulación de agua con fácil salida al exterior, en evitación de que se formen charcos. Con respecto a los cimientos, se procurará que, en su parte de contacto; con las tierras y en especial en el perímetro exterior, reúna las máximas garantías de impermeabilidad. A este efecto, en el momento de abrir las zanjas éstas se harán de anchura superior

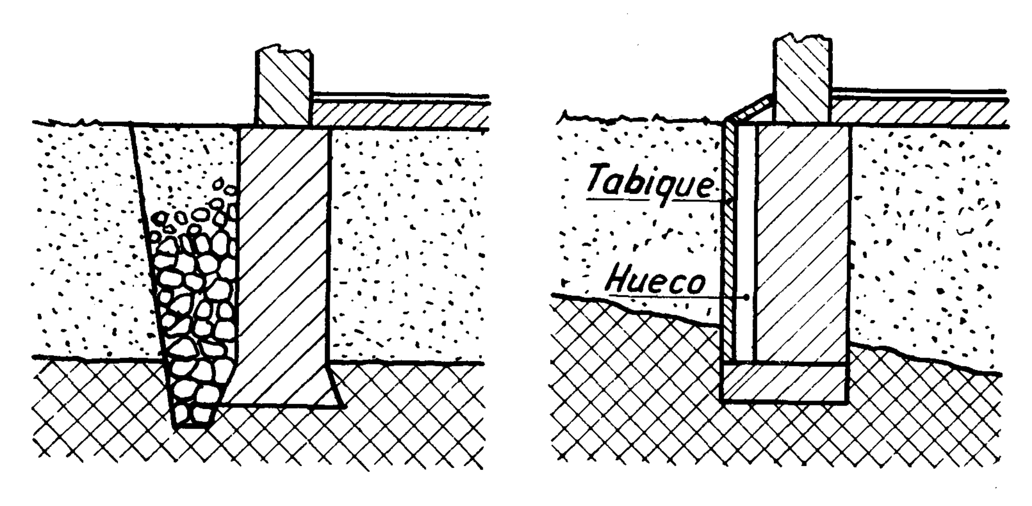


Figura 182

Figura 183

a la del relleno y lo suficiente para que desciendan las aguas. La zanja que quedará libre una vez construido el cimiento se rellenará con piedra y grava (fig. 182) con el fin de que el agua caiga fácilmente al canalillo de recogida evitándose así la humedad que con el contacto de las tierras empapadas sería transmitido al cuerpo del cimiento. También puede lograrse este objeto construyendo un tabiquillo vertical revocado y enlucido, algo separado del cimiento dejando así una cámara de aire (fig. 183).

TERREMOTOS

También fenómenos endógenos, son los conocidos por sacudidas sísmicas, que según lo más o menos alejada que la construcción esté de su epicentro, causan a la misma desde ligeras grietas hasta la ruina total de la obra.

Pero los técnicos —y es especial ahora con las bombas atómicas y de hidrógeno— coinciden en afirmar que es el hormigón armado quien más resiste a estas vibraciones telúricas; pues se sabe por experiencia la diferencia y el comportamiento que hay entre un edificio de estructura de hormigón armado y otro de fábrica de ladrillo, pues mientras el primero aguanta bien la sacudida, el otro se derrumbó por completo.

En España, poca experiencia tenemos de edificios afectados por terremotos, y si algo hubo, fue tan insignificante que en materia constructiva no mereció la pena ocuparse de ella, ya que, en todo caso se reducirían a pequeñas grietas y fisuras fáciles de reparar con un buen mortero; y en el peor de los casos en las que el subsuelo haya cedido algo, bastará con aumentar la base de la cimentación, encadenando, si fuera menester, algún muro desplazado.

En España no tenemos, afortunadamente, experiencia sobre terremotos, pero valgan las presentes líneas como grito de alerta caso de que contra las bombas atómicas y de hidrógeno, se descubra algún material verdaderamente eficiente contra los poderosos estragos de las mismas.